formulaire d'électronique

RADIO TELEVISION


Essai gratuit!


Chez vous
sans quitter vos occupations actuelles vous apprendrez
la RADIO
LA TÉLÉVISION
L'ÉLECTRONIQUE
Grâce à l'enseignement théorique et pratique d'une grande école spécialisée.
Montage d'un super hétérodyne complet en cours d'études ou dès l'inscription.
Cours de :
MONTEUR-DEPANNEUR-ALIGNEUR
CHEF MONTEUR - DEPANNEUR ALIGNEUR
AGENT TECHNIQUE RECEPTION
SOUS-INGENIEUR - EMISSION ET RECEPTION
Présentation aux C.A.P. et B.P. de Radio-électricien - Service de placement.
DOCUMENTATION GRATUITE

FORMULAIRE
D'ÉLECTRONIQUE
RADIO
TÉLÉVISION

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

Les résistances en radio et en électricité.

La construction des petits transformateurs (9e édition).

Apprenez la radio en réalisant des récepteurs (6e édition).

Mon téléviseur (2e édition).

FORMULAIRE D'ÉLECTRONIQUE RADIO TÉLÉVISION

PAR

MARTHE DOURIAU

TROISIÈME ÉDITION

TECHNIQUE & VULGARISATION

5, RUE SOPHIE-GERMAIN

PARIS (14e)

1959

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS

Le formulaire de l'Electronique que nous vous présentons remplace le Radio-formulaire. Quoique deux éditions en aient concrétisé le succès nous avons été conduits à cette substitution par l'évolution de la technique. Il ne s'agit plus à l'heure actuelle de renseigner des radiotechniciens mais des électroniciens, car même les spécialistes Radio et Télévision s'intéressent à l'Electronique industrielle.

On retrouvera donc dans ce livre certains éléments, remis à jour, du Radio-formulaire en ce qui concerne la radio, les renseignements pratiques et les éléments de mathématiques. Mais deux nouveaux et copieux chapitres ont été ajoutés, l'un consacré aux principes de base de l'Electronique et l'autre à la Télévision.

Notre but pour la rédaction de cet ouvrage n'a pas varié : faire un aide-mémoire utile où les étudiants et les techniciens trouveront toutes les notions d'électronique qui leur sont ou leur ont été enseignées. Nous nous sommes efforcés d'attirer leur attention sur les points principaux dont ils ont besoin dans l'exercice de leur profession.

Nous espérons ainsi intéresser tous les praticiens que l'empirisme ne satisfait pas entièrement et n'ont pas cependant le loisir de compulser les ouvrages spécialisés, ou hésitent à faire la dépense de toute une collection de volumes.

En pensant aux débutants nous nous sommes efforcés de rester aussi simples que les différents sujets traités le permettaient. Des connaissances élémentaires sont toutefois nécessaires pour tirer le profit maximum de la documentation très étendue de cet ouvrage qui a pu, malgré l'importance de la matière, être condensée en un seul volume.

M. D.

GRANDEURS PHYSIQUES
SYMBOLES
UNITÉS

Tableau des grandeurs physiques et de leurs symboles adoptés par la Commission électrotechnique internationale.

Grandeurs	Symb.	Grandeurs	Symb.
Longueur	*l*	Courant	I
Masse	*m*	Densité de courant	δ
Temps	*t*	Résistance	R
Angles	α, β, γ	Résistivité	ρ
Accélération de la pesanteur	*g*	Conductance	G
Energie	W	Quantité d'électricité	Q
Puissance	P	Induction électrostatique	D
Rendement	η	Capacité	C
Nombre de tours dans l'unité de temps	*n*	Constante diélectrique	ε
Température centigrade	°	Inductance	L
Température absolue	T	Inductance mutuelle	M
Période	T	Réactance	X
Pulsation	ω	Impédance	Z
Fréquence	*f*	Réluctance	S
Longueur d'onde	λ	Flux magnétique	φ
Déphasage	φ	Induction magnétique	B
Force électromotrice	E	Champ magnétique	H
Potentiel	V	Intensité d'aimantation	J
		Perméabilité	μ
		Susceptibilité	*k*

Tableau des unités utilisées en électricité avec leurs symboles.

Ampère	A
Milliampère	mA
Microampère	μA
Volt	V
Mégavolt	MV
Millivolt	mV
Microvolt	μV
Ohm	Ω
Mégohm	MΩ
Microhm	μΩ
Coulomb	C
Joule	J
Watt	W
Gauss	Gs
Maxwell	Mx
Gilbert	Gb
Œrsted	Oc
Henry	H
Farad	F
Microfarad	μF
Micromicrofarad ou picofarad	μμF ou pF
Siemens ou mho	S
Ampèreheure	Ah ou A-h
Ampère-tour	At ou A-t
Voltampère	VA ou V-A
Voltampère réactif	VAr ou V-Ar
Wattheure	Wh
Electron-volt	eV

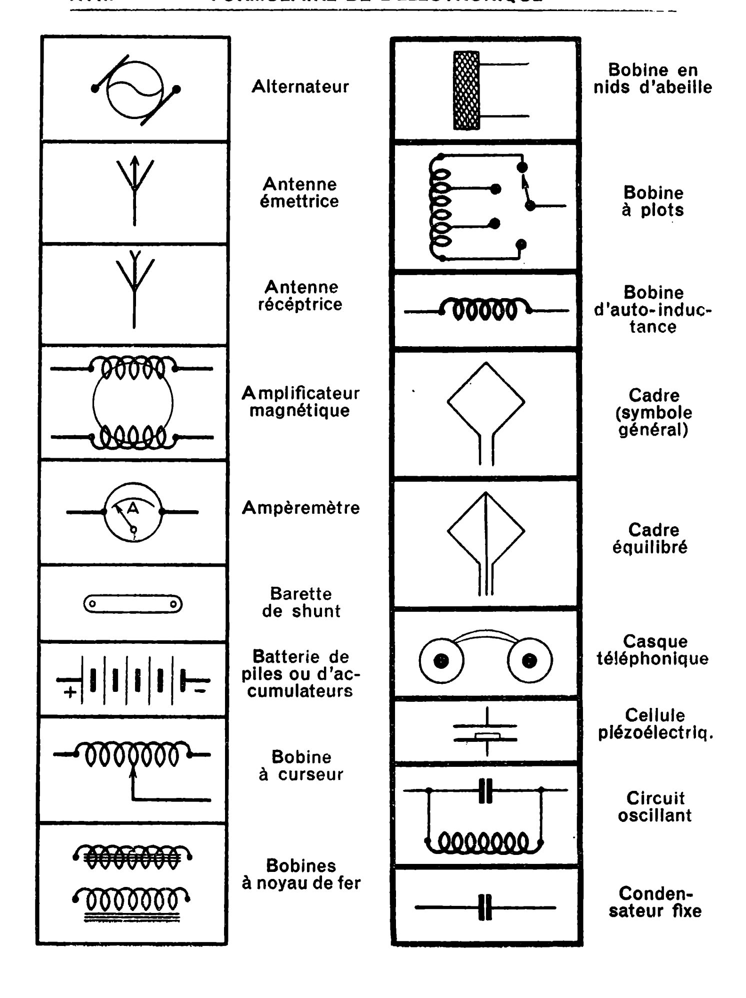
(abréviations à employer après des valeurs numériques).

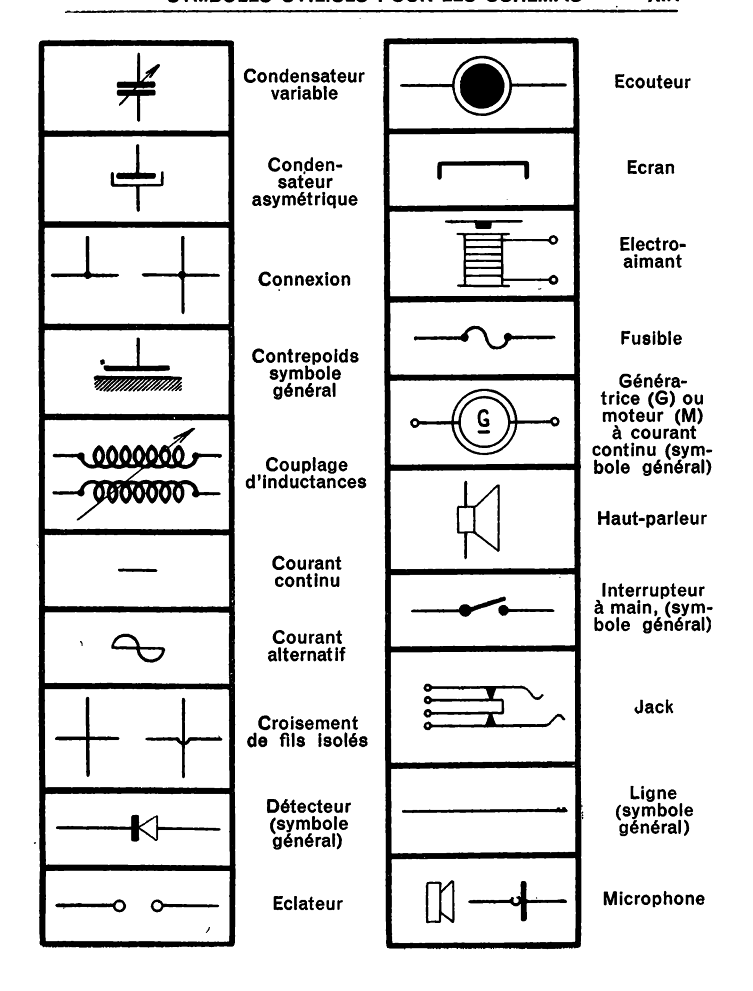
Symboles de grandeurs usuelles en électricité.

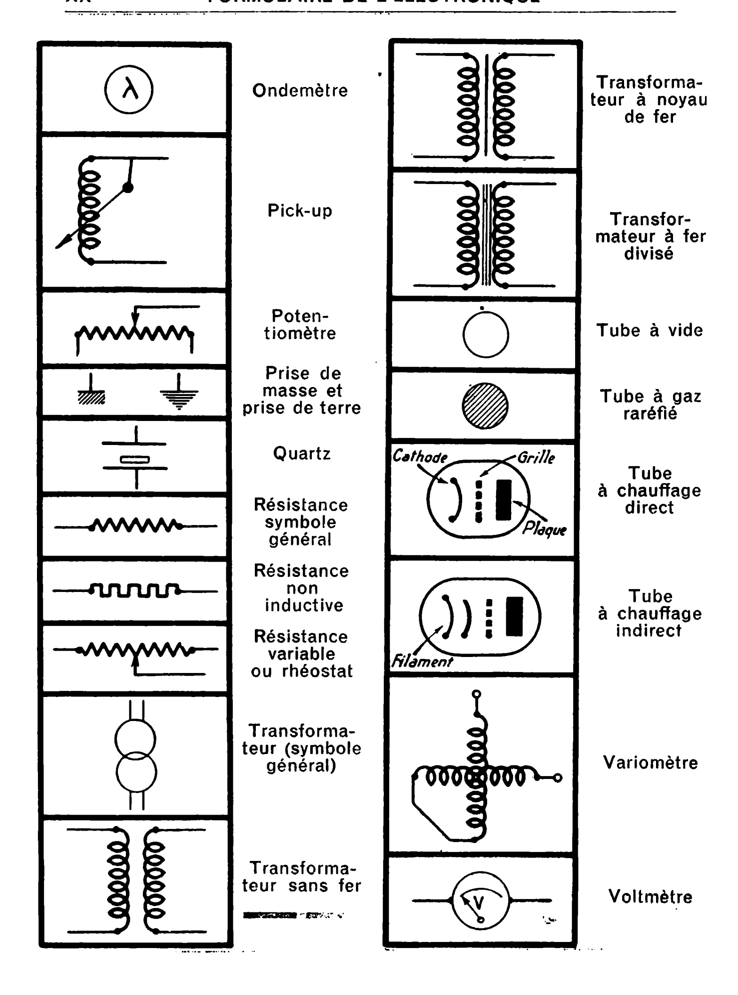
Intensité instantanée	i
Intensité efficace	I (ou I)
Intensité maximum	$I_{max.}$
Intensité moyenne	$I_{moy.}$
f. e. m. (force électromotrice) instantanée	e
f. e. m. (forme électromotrice) efficace	$E_{eff.}$ (ou E)
f. e. m. (force électromotrice) maximum	$E_{max.}$
d. d. p. (différence de potentiel)	V ou U

Lettres grecques employées comme symboles en radioélectricité.

Lettres grecques	Prononciation	Lettres romaines correspondantes	Symboles
α	alpha	a	Angle — coefficient — constante.
β	bêta	b	Angle — coefficient.
γ	gamma	g	Angle.
δ	delta	d	Densité de courant.
ε	epsilonn	e	Constante diélectrique.
η	êta	é	Rendement.
θ	thêta	th	Température.
λ	lambda	l	Longueur d'onde.
μ	mu	m	Millionième partie ou perméabilité magnétique.
π	pi	p	Nombre = 3,1416.
ρ	ro	r	Résistivité.
Σ	sigma	s	Somme série.
Φ	phi	F	Flux magnétique.
φ	phi	f	Angle de décalage.
Ω	oméga	O	Ohm.
ω	oméga	o	Pulsation.


Alternateur
Antenne émettrice
Antenne réceptrice
Amplificateur magnétique
A
Ampèremètre
Barette de shunt
+
−
Batterie de piles ou d'accumulateurs
Bobine à curseur
Bobines à noyau de fer
Bobine en nids d'abeille
Bobine à plots
Bobine d'auto-inductance
Cadre (symbole général)
Cadre équilibré
Casque téléphonique
Cellule piézoélectriq.
Circuit oscillant
Condensateur fixe


Condensateur variable
Conden-sateur asymétrique
Connexion
Contrepoids symbole général
Couplage d'inductances
Courant continu
Courant alternatif
Croisement de fils isolés
Détecteur (symbole général)
Eclateur
Ecouteur
Ecran
Electro-aimant
Fusible
G
Généra-trice (G) ou moteur (M) à courant continu (sym-bole général)
Haut-parleur
Interrupteur à main, (sym-bole général)
Jack
Ligne (symbole général)
Microphone


Ondemètre
Pick-up
Poten-
tiomètre
Prise de
masse et
prise de terre
Quartz
Résistance
symbole
général
Résistance
non
inductive
Résistance
variable
ou rhéostat
Transforma-
teur (symbole
général)
Transforma-
teur sans fer
Transforma-
teur à noyau
de fer
Transfor-
mateur à fer
divisé
Tube à vide
Tube à gaz
raréfié
Cathode
Grille
Plaque
Tube
à chauffage
direct
Filament
Tube
à chauffage
indirect
Variomètre
V
Voltmètre

FORMULAIRE DE L'ÉLECTRONIQUE RADIO ET TÉLÉVISION

PREMIÈRE PARTIE

ÉLECTRICITÉ

Cette partie se rapporte à l'électricité en général, cependant ce sont surtout des notions indispensables aux radiotechniciens qui seront fournies.

Conversion en multiples et sous-multiples usuels des unités ou vice versa (classement dans l'ordre alphabétique).

Ampère	= picoampère	×	1 000 000 000 000
Ampère	= microampère	×	1 000 000
Ampère	= milliampère	×	1 000
Cycle	= mégacycle	×	0,000 001
Cycle	= kilocycle	×	0.001
Farad	= picofarad	×	1 000 000 000 000
Farad	= microfarad	×	1 000 000
Henry	= microhenry	×	1 000 000
Henry	= millihenry	×	1 000
Kilocycle	= cycle	×	1 000
Kilovolt	= volt	×	1 000
Kilowatt	= watt	×	1 000
Mégacycle	= cycle	×	1 000 000
Microampère	= ampère	×	0,000 001
Microfarad	= farad	×	0,000 001
Microhenry	= henry	×	0,000 001
Microhm	= ohm	×	0,000 001
Microvolt	= volt	×	0,000 001
Microwatt	= watt	×	0,000 001
Milliampère	= ampère	×	0,001
Millihenry	= henry	×	0,001
Milliohm	= ohm	×	0,001
Millivolt	= volt	×	0,001
Milliwatt	= watt	×	0,001
Ohm	= pico-ohm	×	1 000 000 000 000
Ohm	= micro-ohm	×	1 000 000
Volt	= microvolt	×	1 000 000
Volt	= millivolt.	×	1 000
Watt	= milliwatt	×	1 000
Watt	= kilowatt	×	0,001

Définitions et unités des grandeurs électriques.

Grandeurs	Equations de définition	Noms des unités pratiques	Valeur de l'unité pratique en unité C.G.S.
Résistance	$R = \frac{E}{I}$	ohm	10^9
Force électromotrice .	$E = RI$	volt	10^8
Différence de potentiel.	$V = RI$	volt	10^8
Intensité de courant . .	$I = \frac{E}{R}$	ampère	10^{-1}
Quantité d'électricité .	$Q = IT$	coulomb	10^{-1}
Capacité.	$C \doteq \frac{Q}{E}$	farad	10^{-9}
Travail électrique . . .	$W = EIT$	joule	10^7
Puissance électrique. .	$P = EI$	watt	10^7
Résistivité	$\rho = \frac{RS}{L}$	ohm-centim.	10^9
Conductance	$G = \frac{1}{R}$	mho ou siemens	10^{-9}
Conductivité	$\gamma = \frac{1}{\rho}$	mho par cm ou siemens par cm	10^{-9}
Coefficient d'induction.	$L = \frac{\varphi}{I}$	henry	10^0
Force magnétisante . .	$H = \frac{\mu\pi nI}{L}$	gauss	10^0
Force magnétomotrice.	$F = \mu\pi nI$	gilbert	10^0

Le magnétisme

Le magnétisme est l'étude des phénomènes engendrés par les aimants naturels et artificiels. Autour de ceux-ci s'exerce un champ dont l'intensité H sur une masse *m* a une force F définie par la relation

$$F = mH$$

d'où intensité du champ

$$H = \frac{F}{m}$$

Si on introduit un barreau de fer doux dans un champ magnétique, le champ dans celui-ci est plus intense et se caractérise par la lettre B représentant **l'induction magnétique** qui s'exprime en gauss.

$$B = \mu H$$

μ = **perméabilité** = $\frac{B}{H}$

Le champ magnétique à une distance r d'une masse m est égal à :

$$H = \frac{1}{\mu} \frac{m}{r^2}$$

Le **flux magnétique** φ, c'est-à-dire le produit de la surface considérée par la valeur du champ magnétique est égal à :

$$\varphi = Hs$$

avec noyau de fer $\varphi = \mu Hs = Bs$

La **réluctance** R représente le quotient de la différence de potentiel magnétique F par le flux d'induction

$$R = \frac{F}{\varphi}$$

La force portante d'un aimant est égale à :

$$\frac{B^2S}{8\pi}$$ en dynes (1 kg = 981 000 dynes).

Le **champ coercitif** Hc représente le champ magnétique nécessaire pour amener à une valeur nulle l'aimantation.

Électromagnétisme

I. Un courant produit un champ magnétique.

Règle d'Ampère.

Le courant entrant par les pieds et sortant par la tête d'un observateur couché sur le conducteur, le pôle nord d'une aiguille aimantée dévie toujours vers la gauche de cet observateur.

Valeur du champ autour d'un courant rectiligne

$$H = \frac{2I}{r}$$

Valeur du champ à l'intérieur d'un solénoïde.

$$H = \frac{4\pi NI}{10l}$$

N = nombre de tours du solénoïde.
I = intensité du courant traversant le solénoïde.
l = longueur du solénoïde.

$$\frac{NI}{l} = \text{ampères-tours par centimètre,}$$

représente **l'intensité du champ** ou force magnétisante.

2. **Un circuit parcouru par un courant est soumis à des forces électromagnétiques lorsqu'il se trouve dans un champ magnétique.**

Formule de Laplace.

Si Δf représente la force agissant sur un élément de courant Δi; i, l'intensité de ce courant; m, l'action du pôle correspondant; r, la distance entre pôle et courant; α l'angle que le courant fait avec la droite joignant le pôle au milieu de l'élément de courant Δi, on peut poser :

$$\Delta f = K \frac{m \,.\, i \,.\, \Delta i \,.\, \sin \alpha}{r^2}$$

Règle de Maxwell.

Lorsqu'un circuit mobile est traversé par un courant et soumis à l'action d'un aimant, il se déplace de façon à embrasser le maximum de flux engendré par l'aimant.

Effet d'induction.

Quand un circuit fermé en se déplaçant dans un champ magnétique fait varier le flux qui le parcourt, il devient le siège d'un courant dit **courant induit.**

Loi de Lenz.

Le sens du courant induit est tel qu'il tend à s'opposer à la cause qui l'engendre.

Courants de Foucault.

Les courants de Foucault ou courants parasites sont développés par effet d'induction dans les masses métalliques et suivent les mêmes lois que les courants d'induction. Ils se produisent dans des circuits constitués de conducteurs bobinés pour une application quelconque.

Coefficient de self-induction (ou auto-induction).

Il a pour symbole la lettre L, il représente le rapport du flux en maxwells au courant I en ampères, qui lui donne naissance

$$L = \frac{\varphi}{I \times 10^8} \text{ henrys.}$$

Ferrites magnétiques.

Les ferrites magnétiques sont des matériaux de fabrication analogue à celle des céramiques et qui sont à la fois ferromagnétiques et mauvais conducteurs de l'électricité. Voici les caractéristiques de deux variétés. (Voir pages 6 et 7).

Effets du courant dans les conducteurs

Quantité d'électricité.

$Q = I t$

Q = quantité d'électricité en coulombs.
I = intensité en ampères.
t = temps en secondes.

Densité de courant.

La densité de courant ou l'intensité traversant l'unité de section s'exprime ainsi :

$$\delta = \frac{I}{s}$$

δ = densité en ampères par mm².
I = intensité en ampères.
s = section en mm².

Intensités de courant admissibles dans un conducteur-cuivre en fonction de la densité de courant.

Diamètre du fil nu en mm	Intensité en ampères pour une densité de courant de : 2 A/mm²	2,5 A/mm²	3 A/mm²	3,5 A/mm²
0,1	0,014	0.020	0,024	0,028
0,12	0,023	0,028	0,034	0,039
0,15	0,035	0,043	0,053	0,062
0,2	0,063	0,078	0,094	0,110
0,25	0,098	0,123	0,147	0,172
0,3	0,141	0,177	0,212	0,248
0,35	0,192	0,241	0,289	0,336
0,4	0,251	0,316	0,378	0,44
0,5	0,393	0,49	0,59	0,69
0,55	0,47	0,59	0,71	0,83
0,6	0,56	0,71	0,85	0,99
0,7	0,78	0,96	1,16	1,35
0,8	1,00	1,26	1,51	1,76
0,9	1,27	1,60	1,92	2,23
1	1,57	1,97	2,37	2,75
1,2	2,26	2,84	3,40	3,96
1,4	3,07	3,84	4,62	5,40
1,6	4,02	5,02	6,03	7,05
1,8	5,09	6,36	7,65	8,9
2	6,28	7,85	9,45	11,0
2,5	9,8	12,3	14,75	17,2

Exemple d'utilisation de ce tableau. — Si nous voulons que la densité de courant dans un bobinage ne dépasse pas 2,5 A/mm², lorsque l'intensité qui le traverse atteint 1 A, il faudra qu'il soit réalisé avec un conducteur de 8/10es de diamètre nu.

FERROXCUBE

Haute perméabilité — Faibles pertes

		LIMITE DE FREQUENCE	FORMES DES PIECES FXC	QUALITÉ DE FXC	EXEMPLES D'APPLICATIONS FXC
FAIBLES INDUCTIONS (inférieures à 1 gauss)	Q ÉLEVÉ (300)	jusqu'à 20 kc/s	Pot fermé	3 BI	Filtres et inductances de circuits sélectifs
		» 150 kc/s		2 B2	
		» 500 kc/s		3 B3	
		» 2 Mc/s		4 B	
	Q MOYEN (100)	450 kc/s	Bâtonnets	3 B	Transformateurs MF
		10 Mc/s	Bâtonnets	4 E	Transformateurs MF pour FM
		jusqu'à 500 kc/s	Bâtonnets	3 B	Antenne-cadres
		500 à 2000 kc/s	Bâtonnets	4 B	Antenne-cadres
		jusqu'à 5 Mc/s	Bâtonnets	4 C	Inductances réglables-filtres
		jusqu'à 10 Mc/s	Bâtonnets	4 D	Inductances réglables-filtres
		jusqu'à 20 Mc/s	Bâtonnets	4 E	Inductances réglables-filtres
		jusqu'à 100 Mc/s	Bâtonnets	4 F	Inductances réglables-filtres
	CIRCUITS APÉRIODIQUES	Au-dessous 1 Mc/s	Perles	3 B-4 B	Ecran
		jusqu'à 100 kc/s	formes spéciales	3 C	Tête d'enregistrement magnétique
		0,3 à 100 kc/s	E	3 A	Transformateurs BF et HF
		0,1 à 10 Mc/s	E	3 A	Transformateurs HF à large bande
		jusqu'à 2 Mc/s	U et E	3 E	Transformateurs de télécommunication

INDUCTIONS comprises entre 1 et 200 gauss	0,3-3,4 kc/s 0,3-3,4 kc/s jusqu'à 100 kc/s Au-dessus de 100 kc/s	Pot fermé Pot fermé E et U Tores Bâtonnets	3 B4 3 B5 4 B 4A-4B	Bobines BF de qualité Bobines de charge Transducteurs Bobines d'arrêt
HAUTES INDUCTIONS (supérieures à 200 gauss)	jusqu'à 100 kc/s Impulsions de 0,1μ sec et plus longues	U Bagues E-U-Bâtonnets Tores Tores-U-E Cylindre	3 C2 3 C2 3 Cl-4 B 6 3 Cl-3 D2	Transformateurs de lignes TV Déflexion TV Transformateurs d'impulsions Mémoires magnétiques Transformateurs HF de puissance Inductances réglables - Bobines d'allumage

FERROXDURE

Champ coercitif élevé

EXEMPLES D'APPLICATIONS F X D

RADIO - TELEVISION - TELEPHONIE	ELECTROTECHNIQUE MÉCANIQUE
Focalisation des tubes images - Haut-parleurs Ecouteurs téléphoniques - Aimants de polarisation Transformateurs d'impulsions - Relais - Bobines d'inductance.	Rotors multipolaires - Plateaux magnétiques Aimants de fixation - Couplages magnéto-mécaniques synchrones et asynchrones.

Loi d'Ohm.

Fournit la relation entre les grandeurs électriques :
V = Tension en volts.
I = Intensité en ampères.
R = Résistance en ohms.

$$I = \frac{V}{R}, \text{ ou } V = I\,R, \text{ ou } R = \frac{V}{I}$$

Loi de Joule.

Expression de la puissance dans un circuit :

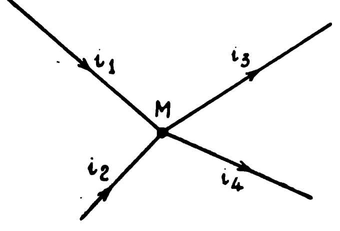
P = puissance

$$P = V\,I, \text{ ou } P = \frac{V^2}{R}, \text{ ou } P = I^2\,R.$$

Énergie dégagée sous forme de chaleur :

$$W = R\,I^2 t$$

t = temps pendant lequel passe le courant.



Première loi de Kirchoff.

Somme des courants

$$i_1 + i_2 = i_3 + i_4$$

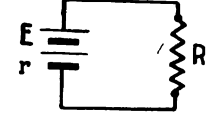
ou

$$i_1 + i_2 - i_3 - i_4 = 0$$

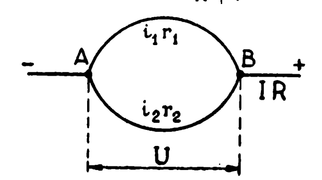
Deuxième loi de Kirchoff.

Relative à un circuit fermé contenant un générateur.

E = *f.e.m.*
R = résistance du circuit extérieur
r = résistance interne



$$I = \frac{E}{R + r}$$

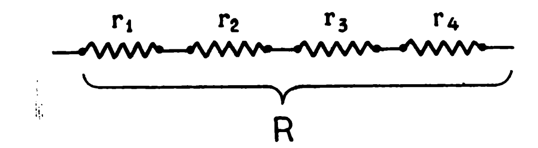


Circuits dérivés.

La différence de potentiel entre les points A et B est égale à :

$$U = R\,I = \frac{r_1\,r_2}{r_1 + r_2}\,(i_1 + i_2)$$

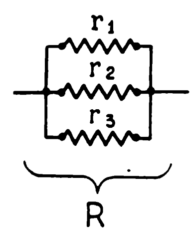
Résistances en série.



La résistance R de plusieurs résistances r_1 r_2, r_3, r_4 ....en série est égale à leur somme

$$R = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + \dots$$

Résistances en parallèle.



L'inverse de la résistance R équivalente à plusieurs résistances en parallèle est égale à :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} + \dots$$

La valeur totale de deux résistances en parallèle est donc de :

$$R = \frac{r_1 \times r_2}{r_1 + r_2}$$

Pour trois résistances :

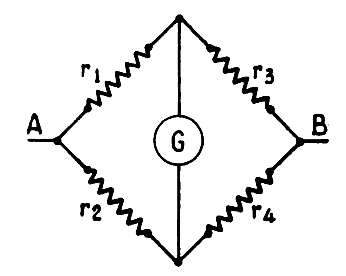
$$R = \frac{r_1 \times r_2 \times r_3}{(r_1 \times r_2) + (r_2 \times r_3) + (r_1 \times r_3)} \text{ etc.}$$

Pont de Wheatstone.

Montage en quadrilatère de quatre résistances, r_1, r_2, r_3 et r_4.

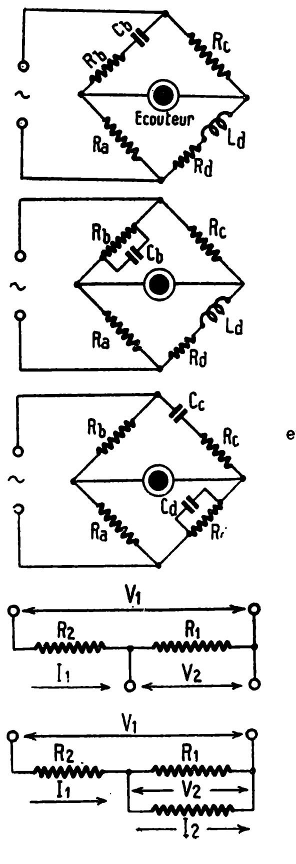
En appliquant une tension aux points A B le pont est équilibré lorsque l'intensité traversant le galvanomètre G est nulle. D'où la relation lorsque l'équilibre est réalisé :

$$\frac{r_1}{r_3} = \frac{r_2}{r_4}$$



Connaissant la valeur de trois des résistances, le pont de Wheatstone permet donc de déterminer la quatrième,

Formules relatives à différents ponts de mesure, dérivés du pont de Wheatstone.



Pont de Hay.

$$L_d = \frac{R_a\, R_c\, C_b}{1 + (R_b\, \omega\, C_b)^2}$$

Pont de Maxwell.

$$L_d = R_a\, R_c\, R_b$$

$$R_d = \frac{R_a}{R_b}\, R_c$$

Pont de Wien.

$$\omega^2 = \frac{1}{R_d\, R_c\, C_d\, C_c}$$

et

$$\frac{C_d}{C_c} = \frac{R_b}{R_a} - \frac{R_c}{R_d}$$

$$C_d^2 = \frac{R_b\, R_d - R_a\, R_c}{R_a\, R_d^2 - R_c\, \omega^2}$$

$$C_c^2 = \frac{R_a}{(R_b\, R_d - R_a\, R_c)\, R_c\, \omega^2}$$

Diviseur de tension à vide.

$$V_2 = V_1\, \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1 + R_2}$$

Diviseur de tension en charge.

$$V_2 = V_1\, \frac{R_1}{R_1 + R_2} - I_1\, \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = \frac{V_1\, \dfrac{R_1}{R_1 + R_2} - V_2}{\dfrac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}}$$

Résistance d'un fil de section constante.

Elle est donnée par la formule ci-après :

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

R = résistance en ohms à zéro degré,
ρ = résistivité ou résistance spécifique en ohms,
s = section en cm²,
l = longueur en cm,
Pratiquement la formule peut s'écrire :

$$R = \rho \frac{l}{100 \times s}$$

s = section en cm²,
l = longueur en mètres.

Tableau relatif à la résistivité de différents métaux et alliages.

Métal ou alliage	Résistivité à 20°C en μΩ cm²/cm
Argent	1,5
Cuivre recuit	1,7
Cuivre écroui	1,8
Or	2,2
Aluminium	2,8
Magnésium	4,3
Zinc	5,6
Fer	10,5
Platine	10,9
Nickel	12,3
Etain	13,0
Tantale	16,5
Plomb	20,4
Acier	23,0
Mercure	94,0
Bronze (1,5 % Sn)	5,0
Duraluminium	5,0
Bronze phosphoreux	18,0
Platine-rhodium (10 % Rh)	20
Maillechort (60 % Cu, 17 % Ni, 23 % Zn)	33,0
Nickeline (67 % Cu, 33 % Ni)	40,0
Manganin (86 % Cu, 2 % Ni, 12 % Mn)	43,0
Constantan 53 % Cu, 47 % Ni)	50,0
Chrome-nickel (80 % Ni, 20 % Cr)	50,0
Ferro-nickel (70 % Fe, 30 % Ni)	84,0
Chrome-nickel avec fer (62 % Ni, 15 % Cr, 23 % Fe)	112,0
Graphite	0,2 à 1
Charbon de lampe à arc	0,65

Variation de la résistance d'un conducteur en fonction de la température.

La résistance R_1 à une température donnée est égale à :

$$R_1 = R\,[1 + \alpha\,(t_1 - t)]$$

R = résistance initiale.
t = température initiale.
t_1 = température à laquelle on désire connaître la résistance
α = augmentation de la résistance d'un conducteur d'un ohm à chaque degré d'élévation de la température, sa valeur est donnée par le tableau ci-après :

Conducteurs	Coefficient moyen de température
—	—
Aluminium	0,0037 à 0,0041
Argent	0,0036
Fer tréfilé ordinaire	0,0045
Acier, 99,5 % de fer	0,0045
Mercure	0,00087
Nickel	0,0037
Or	0,0036
Cuivre électrolytique	0,004
Cuivre pur	0,0042
Zinc	0,0039 à 0,0043
Etain	0,0044
Platine	0,0024
Plomb	0,0041
Cadmium	0,0041
Mercure	0,0007
Bronze d'aluminium (5-10 % Al)	0,001
Laiton en fil (30 % de Zn)	0,0015
Manganin (86 % Cu + 12 % Mn + 2 % Ni)	0,00001
Tungstène	0,00051
Graphite	0,00008

Calcul de l'échauffement par variation de la résistance du cuivre

L'échauffement au-dessus de l'air ambiant de l'enroulement d'un appareil en charge se détermine en appliquant la formule ci-après :

$$\Delta = t_2 - t_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1} \times (234{,}5 + t_1) + t_1 - t_a$$

t_2 = température de l'enroulement en fin d'essai en degrés C,
t_a = température de l'air ambiant en fin d'essai en degrés C,
t_1 = température de l'enroulement au moment de la mesure de R,
R_1 = résistance en ohms de l'enroulement à froid,
R_2 = résistance en ohms de l'enroulement en fin d'essai.

Effets calorifiques du courant dans les résistances

L'unité calorifique est la grande calorie
1 grande calorie = 1 000 petites calories.
1 joule = 0,24 petite calorie.
1 wattheure = 864 petites calories.

La **quantité de chaleur** en joules produite par le passage du courant dans une résistance est donc :

$$0{,}24\ R\ I^2\ t$$

L'intensité admissible dans un fil se détermine de la formule ci-après :

$$I = K\sqrt{d^3}$$

d = diamètre du fil en millimètres.
K = facteur de proportion dépendant de la résistance du métal et de la température admise pour l'utilisation normale (sa valeur est fournie par le tableau ci-après) :

Nature du fil	Echauffement en degrés C.	k moyen	Conditions d'emploi
Maillechort . .	80	6,8	Résistance ventilée.
	100	4	
	100	3	Résistance non ventilée.
	300	6,5	
Alliages RNC .	100	3	Pour les fils dans l'air tendus horizontalement.
	300	7	
	500	8,5	
	700	12	
	900	15	

Température-limite et température de fusion des fils d'alliage de nickel et de chrome les plus employés :

Nature du fil	Température-limite en degrés centigrades	Température de fusion en degrés centigrades
RNC1	700	1 450
RNC2	1 000	—
RNC3	1 200	1 475
Nicrofy	1 050	1 450
Chromel A . .	1 100	—
Uranus 1 . . .	1 100	—

Résistance au mètre du fil RNCI (extrait du catalogue des Aciéries d'Imphy).

Diamètre en centièmes de millimètre	Résistance au mètre en ohms
—	—
10	127
20	31,8
30	14,2
40	7,85
50	5,10
60	3,55
75	2,25
100	1,26

Puissance d'une résistance.

La puissance caractérisant une résistance représente la puissance qu'elle peut dissiper sans échauffement excessif.

Connaissant la puissance et la résistance on déduit facilemen le courant admissible :

$$I = \frac{P}{R}$$

Résistance au mètre du constantan

Diamètre en centièmes de mm	Diamètre en centièmes de mm	Résistance au mètre en ohms	Résistance au mètre en ohms
—	—	—	—
3	35	690	5,09
4	40	389	3,89
5	45	250	3,08
6	50	173	2,50
8	100	97,4	0,624
10	150	62,4	0,277
15	200	27,7	0,156
20	250	15,6	0,0998
25	300	9,98	0,0693
30		6,93	

Résistance au mètre du manganin.

Diamètre en centièmes de mm	Diamètre en centièmes de mm	Résistance au mètre en ohms	Résistance au mètre en ohms
—	—	—	—
3	35	606	4,47
4	40	342	3,42
5	45	220	2,71
6	50	152	2,20
8	100	85,4	0,548
10	150	54,8	0,243
15	200	24,3	0,137
20	250	13,7	0,0876
25	300	8,76	0,0606
30		6,06	

Pour la réalisation des résistances bobinées traversées par des courants d'intensité élevée.

Diamètre du fil en mm.	Section en mm²	Intensité traversante maximum					
		Maillechort R2-20 microhms		Maillechort XX-31microhms		Ferro-nickel 4X-78 mcrohms	
		Intensité momentanée en A	Intensité permanente en A	Intensité momentanée en A	Intensité permanente en A	Intensité momentanée en A	Intensité permanente en A
0,5	0,2	9	6	6	4	6	4
1,0	0,78	15	10	12	8	8	8
1,5	1,76	23	16	20	14	20	14
2,0	3,14	30	21	25	17	25	17
3,0	7	38	26	35	24	35	24
5,0	20	40	28	40	28	40	28

Intensité maximum admissible en fonction de la puissance dissipée pour une valeur de résistance.

Résistance en ohms	Intensité en mA pour une charge de							
	1/8W	1/4W	1/2W	1 W	2 W	5 W	10 W	20 W
50	50	71	100	143	200	316	450	630
100	35	50	70	100	142	224	316	448
150	28	40	58	83	116	182	260	365
200	24	35	50	71	100	158	225	316
250	22	31,5	44,8	63	90	142	203	284
300	20	29	41	58	82	128	183	246
350	18	27	38	54	76	120	169	240
400	17,5	25	35,5	50	71	112	158	224
450	16,5	23	33,4	46	67	104	149	208
500	15,6	22	31,5	44	63	100	142	200
600	14,2	20	29	41	58	91	130	182
1000	11	15,8	22,4	31,5	45	71	100	142
1500	9	12,9	18,2	25,5	36,5	58	82	
2000	7,8	11	15,8	22,4	31,5	50	71	
2500	7	10	14,2	20	28,5	45		
3000	6,4	9,1	13	18,3	26	41		
4000	5,5	7,9	11,2	15,8	22,4	35		
5000	5	7,1	10	14,2	20			

Intensité maximum admissible en fonction de la puissance dissipée pour une valeur de résistance

Résistance en ohms	Intensité en mA pour une charge de							
	1/8 W	1/4 W	1/2 W	1 W	2 W	5 W	10 W	20 W
10000	3,5	5	7,1	10	14,2			
15000	2,8	4,1	5,8	8,1	11,6			
20000	2,5	3,5	5	7,1	10			
25000	2,2	3,1	4,4	6,3				
30000	2,05	2,9	4,1	5,8				
40000	1,75	2,5	3,5	5				
50000	1,58	2,2	3,1					
75000	1,29	1,83	2,6					
100000	1 1	1,58	2,2					
150000	0,9	1,29						
200000	0,78	1,1						
250000	0,7	1						
300000	0,65							
400000	0,57							
500000	0,49							

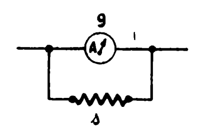
Calcul des shunts d'ampèremètres.

Pouvoir multiplicateur du shunt :

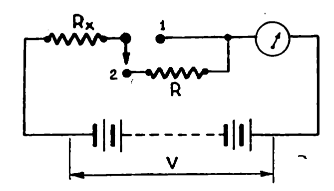
$$m = \frac{g + s}{s}$$

g = résistance de l'ampèremètre.
s = résistance du shunt.

$$s = \frac{g}{m - 1}$$



Mesure de la résistance par substitution.



Commutateur dans la position 1

$$R\,x = \frac{V}{i_1}$$

dans la position 2

$$Rx + R = \frac{V}{i_2}$$

en divisant membre à membre il vient :

$$\frac{Rx}{Rx + R} = \frac{i_2}{i_1}$$

$$\frac{Rx}{R} = \frac{{}_2}{i_1 - i_2}$$

$$Rx = \frac{R \times i_2}{i_1 - i_2}$$

Calcul des rhéostats

Pour obtenir une réduction de l'intensité I_{max} à une valeur I_{min}, la résistance r_x du rhéostat est égale à :

$$r_x = R\left(\frac{I_{max}}{I_{min}} - 1\right)$$

R = résistance du circuit d'utilisation.

Condensateurs

Un condensateur est un ensemble constitué par deux conducteurs ou armatures, séparées par un diélectrique (c'est-à-dire un corps isolant) ayant la propriété d'emmagasiner une quantité Q d'électricité.

Q en coulombs = C V
C = capacité en farads,
V = tension de la source d'électricité utilisée pour la charge ,en volts.

L'énergie W emmagasinée, exprimée en joules est égale à : $\frac{CV^2}{2}$

Capacité d'un condensateur.

1. **A armatures parallèles :**

$$C = 0{,}0885\ \varepsilon \frac{S}{d}\ 10^{-6}.$$

C = capacité en microfarads (µF).
ε = constante diélectrique ou pouvoir inducteur spécifique.
S = surface intérieure d'une armature en cm^2.
d = distance entre les deux armatures en cm.

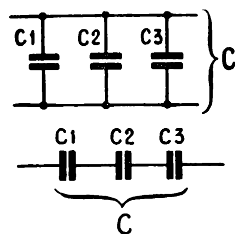
2. **A armatures semi-circulaires :**

$$C = 0{,}139\ \varepsilon\ (N - 1)\ \frac{r_1^2 - r_2^2}{d}.$$

C = capacité en picofarads (pF).
ε = constante diélectrique.
N = nombre de plaques formant les armatures du condensateur
d = espace entre deux plaques voisines, en cm.
r_1 = rayon extérieur de l'armature en cm.
r_2 = rayon de l'évidement intérieur en cm.

Le coefficient ε ou constante diélectrique caractérise le pouvoir inducteur spécifique des diélectriques. En partant comme unité du pouvoir inducteur spécifique de l'air sec à 0°C et à la pression de 760 mm, la constante diélectrique de différents isolants a la valeur suivante ;

Isolant	Constante diélectrique
Air	1
Papier sec	1,5
Goudron	1,8
Brai	1,85
Paraffine	1,9 à 2,3
Ozokérite	2,15
Benzol	2,38
Mica	2,5 à 7
Caoutchouc vulganisé	2,7 à 3,1
Gomme-laque	2,95 à 3,7
Verre	3 à 10
Huile de colza	3,1
Gutta-percha	3,3 à 4,9
Porcelaine	4,4
Quartz	4,5
Glycérine	5,6
Stéatite	5,9
Bakélite	6 à 10
Marbre	8,3
Alcool	16 à 31



Couplages des condensateurs.

La capacité équivalente de plusieurs condensateurs branchés en parallèle est égale à la somme des différentes capacités

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

S'ils sont connectés en série, l'inverse de la capacité équivalente est égale à la somme de leurs inverses

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Tension d'isolement des condensateurs.

Un condensateur doit avoir ses armatures isolées en fonction de la tension appliquée à ses bornes. Le diélectrique doit donc être choisi en conséquence.

La tension d'isolement totale Vt de X condensateurs en série est égale à :

$$Vt = V \times X$$

V = tension d'isolement supportée par un condensateur.

Exemple : deux condensateurs de 16 μF, isolés pour 450 V, mis en série, équivalent à une capacité de 8 μF isolée pour 900 V.

Tableau de conversion par rapport au microfarad des millièmes de micromicrofarads et centimètres.

Microfarad μF	Millièmes de Microfarad	Micromicro-farads (μμF) ou picofarads (pF)	Centimètres cm
0,000001	0,001	1	0,9
0,000002	0,002	2	1,8
0,000005	0,005	5	4,5
0,00001	0,01	10	9
0,00002	0,02	20	18
0,000025	0,025	25	22,5
0,00005	0,05	50	45
0,0001	0,1	100	90
0,00015	0,15	150	135
0,0002	0,2	200	180
0,00025	0,25	250	225
0,0003	0,3	300	270
0,0004	0,4	400	360
0,0005	0,5	500	450
0,00075	0,75	750	675
0,001	1	1 000	900
0,002	2	2 000	1 800
0,003	3	3 000	2 700
0,004	4	4 000	3 600
0,005	5	5 000	4 500
0,006	6	6 000	5 400
0,008	8	8 000	7 200
0,01	10	10 000	9 000
0,02	20	20 000	18 000
0,03	30	30 000	27 000
0,04	40	40 000	36 000
0,05	50	50 000	45 000
0,1	100	100 000	90 000
0,25	250	250 000	225 000
0,5	500	500 000	450 000
1	1 000	1 000 000	900 000

Tableau de conversion des centimètres en micromicrofarads et en millièmes de microfard.

Centimètres	Micromicrofarads ou picofarads	Millièmes de microfarad
1 000	1 111	1,111
750	833	0,833
500	555	0,555
250	277	0,277
200	222	0,222
150	160	0,160
100	110	0,110
75	83,3	0,083
50	55	0,055
25	27	0,027
20	22,2	0,022
15	16	0,016
10	11	0,011
5	5,5	0,0055
2	2,2	0,0022
1	1,1	0,0011

Isolants

Les isolants se caractérisent principalement par leur **rigidité diélectrique,** ou tension de percement. Elle s'exprime en volts/centimètre, ou en kilovolts/centimètre.

$$\text{Rigidité} = \frac{V}{e}$$

V = tension produisant la disruption d'un isolant ;
e = épaisseur en centimètre de l'isolant.

Rigidité diélectrique de l'air sec.

Epaisseur en centimètres	Rigidité en kilovolts/centimètre
0,04	52,5
0,06	49,5
0,08	46,2
0,10	43,6
0,20	37,8
0,40	34,5
0,60	32,7
0,80	31,1
1,00	29,8
1,20	28,8
1,60	27,4

Rigidité en kilovolts par centimètre de quelques isolants solides

Amiante	25 à 40
Bakélite	120 à 230
Bois	30 à 60
Calit	350 à 450
Caoutchouc	20
Carborandun	150
Ebonite	230
Fréquenta	350 à 450
Marbre	14
Mica	600 à 700
Papier paraffiné	400 à 500
Paraffine	120 à 140
Porcelaine	50
Presspahn	100 à 400
Quartz	200
Soufre pur	40
Stéatite	150 à 300
Trolitul	200
Verre	60 à 120

Résistivité des principaux isolants

Substance	Résistivité moyenne en Ω cm²/cm à 20°C.
Amiante	$1,6 \times 10^{5}$
Ardoise	$2,5 \times 10^{8}$
Bois	10^{9}
Caoutchouc	8×10^{9}
Ebonite	10^{15}
Huile isolante	10^{12} à ^{15}
Marbre	10^{8} à 10^{10}
Mica	10^{12}
Papier	10^{9} à 10^{15}
Papier paraffine	10^{18}
Paraffine	10^{15} à 10^{19}
Polythène	3×10^{17}
Porcelaine	10^{12} à 10^{14}
Quatrz	5×10^{18}
Résine	5×10^{18}
Stéatite	10^{20}
Verre	2×10^{12} à 9×10^{1}

La résistance des isolants décroît très rapidement quand la température augmente, leur coefficient de température étant négatif.

Caractèristiques de quelques isolants synthétiques

Les polythènes.

La polymérisation de l'éthylène a conduit à la découverte d'un isolant, remarquable en haute fréquence et de caractéristiques relativement stables avec la température, nous en donnons ci-après les propriétés électriques.

Constante diélectrique.

60 c/s	2,3
10^3 c/s	2,3
10^9 c/s	2,3

Facteur de pertes.

10^3 c/s	0,0001
10^4 c/s à + 20°C	0,0002
10^9 c/s à — 80°	0,0001
10^9 c/s à — 30°	0,0002
10^9 c/s à + 20°	0,00035
10^9 c/s à + 70°	0,0005

Rigidité diélectrique en V~/ mm : 40 000.
Résistivité en Ω.cm²/cm à 20°C : 3×10^{17}.

Le Teflon.

Le teflon est la marque déposée du polytrafluoréthylène. Son facteur de puissance n'est jamais supérieur à 0,005 Sa résistivité est de 10^{15} Ω. cm²/cm même avec 100 % d'humidité. Il résiste à de très hautes températures pouvant atteindre accidentellement 600°C.

Les silicones.

Les silicones sont aussi des produits isolants. Ils dérivent du silicium et se présentent sous forme d'huiles, de graisses, de résines ou de caoutchoucs. Ils se recommandent par leur grande rigidité diélectrique, leur stabilité à la chaleur et leur manque de pouvoir hydrophile.

Constante diélectrique.

Pour les silicones liquides	2,7 à 2,8
Pour les caoutchoucs de silicones	3,58
Pour les résines silicones	3,2 à 4,3

Facteur de pertes.

Pour les silicones liquides : inférieur à celui d'une bonne huile pour transformateur.

Pour les caoutchoucs de silicones, à 25°C il est de 0,0018 pour 60 c/s et de 0,0008 pour 10^6 c/s. A 92°C il monte à 0,0053 pour 60 c/s et 0,0017 pour 10^6 c/s.

Rigidité diélectrique des matières plastiques.

	k V/mm
Acétate de cellulose	14-36
Acétobutyrate de cellulose	10-16
Aniline formol sans charge	10-20
Butyral polyvinylique	16
Caséine formol	16-28
Ebonite	10-36
Ethylcellulose	60
Fibre vulcanisée	3
Mélamine-formol	14-18
Phénol-formol, charge minérale	10-16
Phénol-formol, farine de bois	12-20
Phénol-formol, fragments tissu	6-18
Phénol-formol, papier stratifié	16-50
Polyamide	12-16
Polychlorure de vinyle plastifié 35 %	15-20
Polychlorure de vinyle non plastifié	20
Polychlorure de vinylidène	20-50
Polyéthylène	40
Polyméthacrylate de méthyle	20
Polytétrafluoroéthylène	20
Silicones	10-12
Urée-formol	28
Polystyrène	30

Accumulateurs

Couples électrochimiques utilisés pour la réalisation industrielle des accumulateurs

Matière positive	Electrolyte	Matière négative	F E M en V	Accumulateur
Peroxyde de plomb	Solution d'acide sulfurique	Plomb	2	Planté (ou au plomb)
Peroxyde de nickel	Solution de potasse	Fer	1,25	Edison (ou fer-nickel)

Différence de potentiel aux bornes d'une batterie.

1. Charge : $V = E + RI$.
2. Décharge : $V = E - RI$.

R = résistance interne de la batterie.

Capacité d'une batterie en ampères-heure = $A \times t$

A = intensité du courant débité.
t = nombre d'heures du débit utilisable.

Charge.

Il faut disposer d'une tension continue ou redressée donnant une tension supérieure à la force contre électromotrice à recharger, soit :

2,5 V par élément pour accumulateur au plomb.
1,9 — — — fer-nickel.

Quantité d'électricité à fournir à une batterie déchargée :

$Ah = Q \times 1,4$.
Ah = quantité d'électricité à fournir.
Q = valeur de la quantité d'électricité précédemment déchargée,
1,4 = facteur appelé coefficient de charge.

La durée de la charge est de :

$$T = \frac{Q \times 1,4}{i}$$

T = durée de la charge en heures.
i = intensité moyenne du courant de charge en ampères.

Electrolyte acide pour accumulateurs au plomb.

1. Correspondance entre la densité et les degrés Baumé.

Densité	Degrés Baumé
1 100	13
1 125	16
1 150	19
1 175	21
1 200	24
1 225	26
1 250	29
1 275	31

2. Point de congélation de l'électrolyte.

Densité	Congélation en degrés C
1 100	— 6
1 125	— 9
1 150	— 13
1 175	— 18
1 200	— 26
1 225	— 38
1 250	— 52
1 275	— 68

Une batterie au plomb doit avoir une densité de l'électrolyte de l'ordre de 1 280 lorsqu'elle est complètement chargée. Cette densité s'abaisse à 1 200 pour une batterie à moitié chargée et à 1 100, si cette dernière se trouve entièrement déchargée.

Groupement des accumulateurs et des piles.

1. Mise en série de batteries de même capacité.

La borne positive (+) d'une batterie est réunie à la borne négative (—) de l'autre.
Les tensions s'ajoutent, la capacité est celle d'une batterie.

2. Mise en parallèle de batteries de même tension.

Les bornes positives sont reliées ensemble et les bornes négatives sont également, de leur côté, réunies.
Les capacités s'ajoutent, la tension est celle d'une batterie.

Piles

Caractéristiques des principaux types

Type	F.E.M.	Nature de l'électrode positive	Nature de l'électrode négative	Electrolyte	Dépolarisant
Leclanché.	1,45	charbon	zinc	chlorhydrate d'ammoniaque	bioxyde de manganèse
Daniell . .	1,07	cuivre	zinc	eau acidulée	sulfate de cuivre
Buunsen. .	1,85	charbon	zinc	eau acidulée	acide azotique
Grenet. . .	2	charbon	zinc	eau acidulée	bichromate de potasse

Piles thermoélectriques ou thermo-couples.

En réunissant deux corps conducteurs de métaux de nature différente on constate, entre certains, un effet thermoélectrique, c'est-à-dire la production d'un courant, en chauffant la soudure qui assemble les deux conducteurs. Ce courant est proportionnel à la température à laquelle la soudure se trouve portée.

Le tableau ci-après contient une liste de divers conducteurs susceptibles de produire un courant électrique lorsqu'ils sont unis à du plomb pur. Les chiffres indiquent comparativement pour chacun de ces métaux, leur aptitude à produire un courant électrique. Dans la colonne polarité, le signe « moins » indique que le métal correspondant représente le pôle positif ; au contraire le signe « plus » signifie que le plomb forme le pôle positif.

Polarité	Conducteurs	
—	Bismuth	89 à 97
—	Cobalt	22
—	Mercure	0,418
O	Plomb	0
+	Etain	0,1
+	Cuivre du commerce	0,1
+	Platine	0,9
+	Or	1,2
+	Argent pur	3
+	Zinc pur	3,7
+	Cuivre électrolytique	3,8
+	Fer	17,5
+	Antimoine cristallisé	22,6 à 25,4
+	Sélénium	807

A noter que le sélénium est un semi-conducteur qui, malgré son pouvoir thermoélectrique élevé, ne peut convenir pour la réalisation de thermo-couples.

Courant alternatif

Un courant alternatif se caractérise :

1° Par sa **période** T

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

ω = la vitesse ou **pulsation**

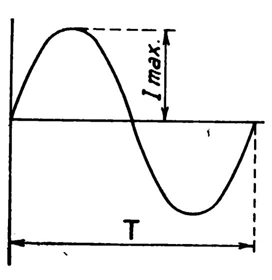
$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

2° Par son **amplitude,** I maximum, c'est-à-dire la plus grande valeur du courant instantané.

Un courant alternatif est **sinusoïdal** lorsque :

$t = I_{max} \cos (\omega t - \varphi)$.

i étant la valeur instantanée.



L'intensité efficace d'un courant sinusoïdal est égale à :

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0{,}707\ I_{max}$$

et son **intensité moyenne**

$$I_{moy} = \frac{2\ I_{max}}{\pi} = 0{,}6366\ I_{max}$$

La f.e.m. source d'un courant alternatif est également sinusoïdale ; sa valeur efficace est donnée par la relation :

$$E_{eff} = \frac{I_{eff}}{R}$$

$$\text{d'ou } E_{eff} = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} = 0{,}707\ E_{max}$$

$$E_{moy} = \frac{2\,E_{max}}{\pi}$$

Lorsqu'une d.d.p. $V = V_0 \cos \omega t$ est appliquée aux extrémités d'un circuit, le courant résultant est égale à :

$$I = I_{max} \cos (\omega t - \varphi)$$

φ = la différence de phase entre la tension et le courant, il caractérise le **déphasage** ou **décalage** et peut être positif ou négatif, le courant est dit respectivement en **retard** ou en **avance** sur la tension.

Si le circuit est inductif φ devient positif et le courant est décalé en arrière, lorsqu'il est capacitif il devient négatif et le courant se trouve en avance sur la tension.

Il convient donc de considérer un circuit parcouru par un courant alternatif suivant sa résistance, sa capacité et son inductance.

De ces trois grandeurs résulte une valeur complexe Z : l'impédance.

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$
en ohms

R = résistance en ohms.

X = réactance en ohms = $L\omega - \frac{1}{C\omega}$

L = coefficient d'auto-induction en henrys.
C = capacité en farads.
$L\omega$ représente la réactance inductive,
$\frac{1}{C\omega}$ représente la réactance capacitive.

En courant alternatif la loi d'Ohm s'applique en remplaçant R par Z

$$V_{eff} = Z\, I_{eff}$$

et

$$V_{max} = Z\, I_{max}.$$

Comme pour les résistances, les impédances en série s'ajoutent

$$Z \text{ total} = Z_1 + Z_2$$

en parallèle nous avons :

$$\frac{1}{Z\,t.} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}$$

d'où :

$$Z \text{ total} = \frac{Z_1 \times Z_2}{Z_1 + Z_2}.$$

L'expression de la puissance réelle en alternatif est donnée par la formule :

$$W = I_{eff}\, V_{eff} \cos \varphi$$

Cos φ = facteur de puissance, c'est le cosinus de l'angle de déphasage = $\frac{R}{Z}$

la puissance apparente = V I (s'exprime en volt-ampères).
la puissance réactive = E I sin φ.
Par ailleurs nous avons :
Courant watté = I cos φ.
Courant déwatté = I sin φ.
F.é.m. énergétique = E cos φ.
F.é.m. en quadrature = E sin φ.

Si le déphasage $\varphi = 0$ (cas d'un circuit ne présentant ni auto-induction, ni capacité) Z = R et la loi d'Ohm s'applique intégralement.

L'influence sur la valeur de l'impédance Z de l'auto-induction L et de la capacité C suivant leur branchement dans un circuit est donnée par le tableau ci-après :

Tableau des impédances, déphasages et puissances en fonction des éléments d'un circuit.

Schéma du circuit	Impédance Z	Déphasage φ	Puissance P
R	R	O	$E_{eff}\ I_{eff}$
L	ωL	$-\frac{\pi}{2}$	
C	$\frac{1}{\omega C}$	$+\frac{\pi}{2}$	O
R L	$\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$	$tg\varphi = \frac{\omega L}{R}$	$E_{eff}\ I_{eff} \cos\varphi$
R C	$\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}$	$tg\varphi = -\frac{1}{R\omega C}$	$E_{eff}\ I_{eff} \cos\varphi$

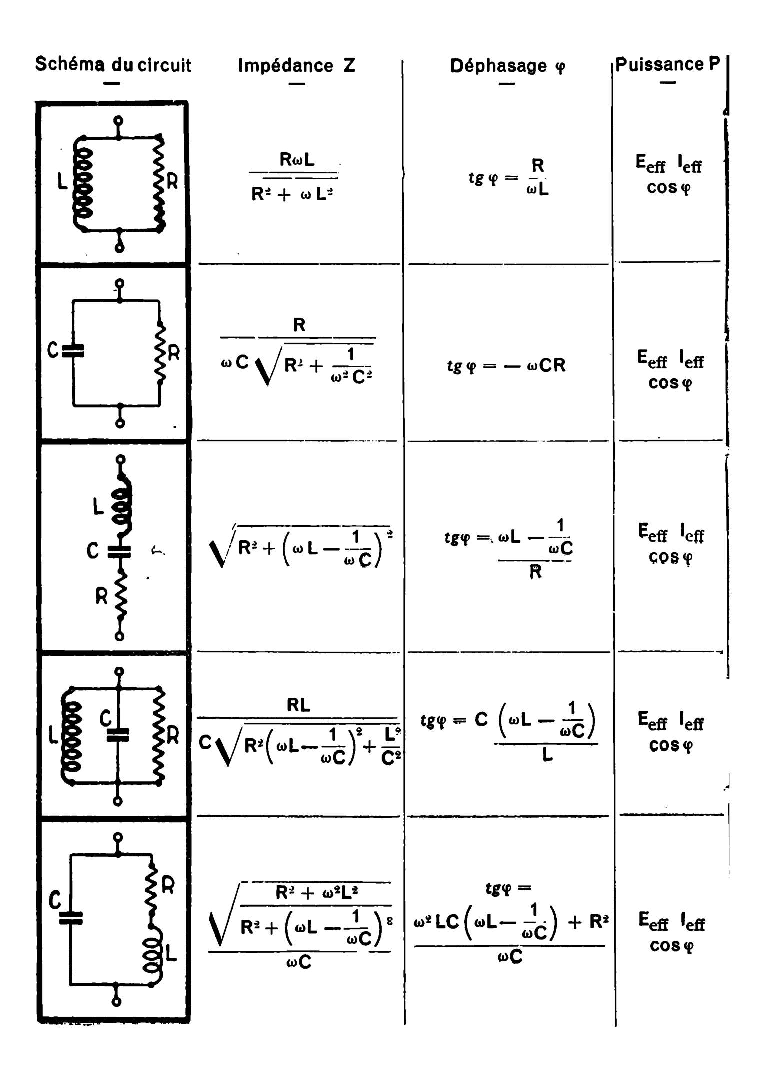


Schéma du circuit	Impédance Z	Déphasage φ	Puissance P
L R	$\frac{R\omega L}{\sqrt{R^2 + \omega L^2}}$	$tg\,\varphi = \frac{R}{\omega L}$	$E_{eff}\ I_{eff}\ \cos\varphi$
C R	$\frac{R}{\omega C\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}}$	$tg\,\varphi = -\,\omega CR$	$E_{eff}\ I_{eff}\ \cos\varphi$
L C R	$\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$	$tg\varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$	$E_{eff}\ I_{eff}\ \cos\varphi$
L C R	$\frac{RL}{C\sqrt{R^2\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2 + \frac{L^2}{C^2}}}$	$tg\varphi = \frac{C\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}{L}$	$E_{eff}\ I_{eff}\ \cos\varphi$
C R L	$\frac{\sqrt{\frac{R^2 + \omega^2 L^2}{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}}{\omega C}$	$tg\varphi = \frac{\omega^2 LC\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) + R^2}{\omega C}$	$E_{eff}\ I_{eff}\ \cos\varphi$

Valeur de I efficace suivant la nature du circuit.

1. Cas d'un circuit ne présentant qu'une résistance pure :

$$I_{eff} = \frac{E_{eff}}{R}$$

2. Cas d'un circuit présentant une **réactance inductive** et une résistance :

$$I_{eff} = \frac{E_{eff}}{\sqrt{R^2 + L^2\omega^2}}$$

3. Cas d'un circuit présentant une **réactance capacitive** et une résistance :

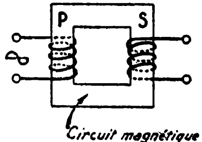
$$I_{eff} = \frac{\sqrt{R^2 - \frac{1}{C^2\omega^2}}}{E_{eff}}$$

4. **Cas général :**

$$I_{eff} = \frac{E_{eff}}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)}}$$

Transformateurs

Un transformateur est constitué au minimum de deux bobines. Ces enroulements sont complètement indépendants du point de vue électrique et rendus dépendants du point de vue magnétique, en les plaçant sur un circuit magnétique. L'enroulement qui reçoit le courant à transformer s'appelle **primaire** (P) et celui où se recueille le courant transformé, **secondaire** (S). La tension secondaire dépend de la tension primaire et du rapport entre les nombres de spires des deux enroulements. Quant à la quantité d'énergie fournie par le circuit secondaire fermé sur une résistance, elle est égale, aux pertes près, à celle prise par le primaire.



Calcul des transformateurs.

Expression générale de la tension alternative induite (E).
$E = 0{,}000\,000\,044\,4 \times n \times B \times s \times f$
d'où l'on tire que le nombre de tours n est égale à :

$$n = \frac{E \times 10^8}{4{,}44 \times B \times s \times f}$$

B = Induction en gauss (valeur comprise entre 8 000 et 14 000).
s = section du fer en centimètres carrés.
f = fréquence en cycles par seconde.
Le rapport de transformation est désigné par la lettre K

$$K = \frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

E_1 = tension primaire,
E_2 = tension secondaire,
n_1 = nombre de tours primaire,
n_2 = nombre de tours secondaire.

Section du circuit magnétique à adopter par rapport à la puissance pour les petits transformateurs cuirassés (genre transformateurs d'alimentation) :

Puissance en VA	Section brute en cm²
5 à 25	3 à 7
25 à 50	7 à 10
50 à 75	10 à 12
75 à 100	12 à 14
100 à 150	14 à 17
150 à 200	17 à 19
200 à 300	19 à 23
300 à 400	23 à 27
400 à 500	27 à 30

Avec une induction d'environ 12 000 gauss le nombre de tours par volt à adopter, pour une section effective donnée du circuit magnétique, est indiqué par le tableau ci-après :

Section effective en cm²	Nombre de tours par volt
4	9,5
6	6,3
8	4,7
10	3,8
12	3,2
14	2,7
16	2,4
18	2,1
20	1,9
22	1,7
24	1,6
26	1,5
28	1,4
30	1,3

Le diamètre des conducteurs des enroulements dépend du courant qui les traverse et de la densité de courant admise.

$$d_{\text{en mm}} = \sqrt{\frac{I}{\delta}}$$

δ = densité courant en ampères par millimètre carré.

Pour un échauffement de 55° C on peut admettre les densités de courant suivantes en fonction de la puissance :

Puissance en VA	Densité de courant
—	—
0 à 50	4
50 à 100	3,5
100 à 200	3
200 à 500	2,5

En adoptant la forme du circuit magnétique ci-contre, on peut déterminer toutes les caractéristiques du circuit magnétique en partant de a (largeur de la fenêtre).

Fenêtre : $F = 3 \times a^2$ (cm²) ;

Section brute : $Q = 4 \times a^2$ (cm²) ;

Section effective : $Qe = 0{,}95 \times Q = 3{,}8\ a^2$ (cm²) ;

Nombre de tôles 0,35 d'épaisseur : $n = 20 \times a/0{,}35 = 54 \times a$;

Longueur moyenne des lignes de force : $l\,E = 12 \times a$ (cm) ;

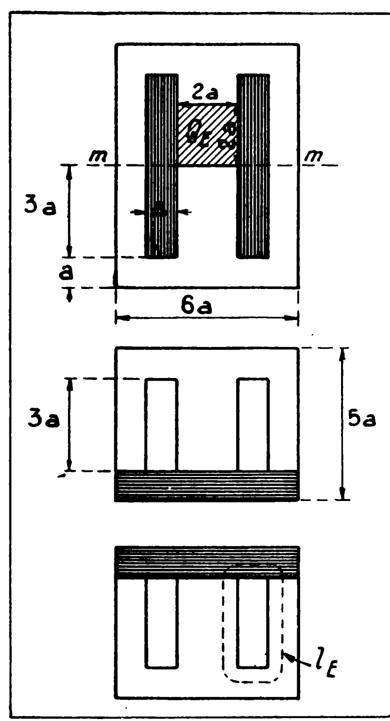
Volume du fer : $V = 48 \times a^3$ (cm³) ;

Poids du fer : $Ge = 0{,}33 \times a^3$ (kg) ;

Pertes dans le fer ;

A 12 000 gauss — 1,5 w/kg = $1{,}06\ a^3$ (w).

Cette forme de circuit magnétique présente en outre l'avantage, ainsi que le démontre la figure, d'éviter les chutes en découpant deux tôles à la fois.



DEUXIÈME PARTIE

L'ÉLECTRONIQUE

L'atome

Les atomes groupés en molécules constituent la matière.

L'atome cet infiniment petit dont le diamèrre est d'un dix millionième de millimètre comprend :

Un noyau central positif constitué de **protons** (particules positive) et de **neutrons** (particules neutres) et d'électrons (particules négatives).

Électriquement l'atome est neutre car le proton a une charge positive égale à la charge négative de l'électron. D'autre part le nombre de protons d'un atome est égal au nombre d'électrons qui est appelé nombre atomique Z de l'atome.

Les électrons sont répartis autour du noyau en différentes couches. Suivant le nombre d'électrons de la couche extrême ceux-ci ont une tendance à se libérer de l'atome. Les atomes des métaux possèdent des électrons se détachant de l'atome, inversement les électrons des atomes d'un isolant sont absolument stables.

Particules élémentaires.

Nom	Symbole
—	—
Neutron	(n)
Proton	(H + ou p)
Electron	(ε —)
Positron	(ε +)

L'électron libre

Le déplacement des particules chargées d'électricité ou électrons libres dans un conducteur constitue un courant électrique et leur choc sur les atomes fixes qui entravent leur mouvement a pour conséquence les pertes et le dégagement de chaleur par effet Joule. Environ 5.10^{18} électrons sont nécessaires pour produire pendant une seconde un courant d'un ampère.

Le rapport e/m caractérise l'électron

e = charge d'un électron = $1{,}601.10^{-19}$ coulomb
m = $9{,}105.10^{-28}$ gramme

Soumis à un champ électrique un électron se met en mouvement et acquiert une vitesse v qui, par rapport à l'accroissement du potentiel V, s'exprime par la formule :

$$\frac{1}{2} mv^2 = eV$$

$\frac{1}{2}mv^2$ représente l'énergie cinétique de l'électron. Donc, eV, l'électron-volt, représente l'unité d'énergie cinétique prise par un électron, accéléré dans une différence de potentiel de 1 volt. C'est cette unité qui est employée en physique nucléaire.

Cependant cette unité étant extrêmement petite on utilise souvent le multiple 10^9 de cette unité correspondant à un milliard d'électron-volts. C'est le gigaélectronvolt (symbole G e V).

Toute particule animée d'une certaine vitesse est considérée comme liée à un système d'ondes.

La longueur d'onde dépend du rapport entre la constante de Planck h ($6{,}624 \times 10^{-27}$ erg. s) et le produit de la masse m par la vitesse v

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

Si V est le potentiel donnant aux électrons la vitesse v on peut écrire :

$$\lambda = \frac{12{,}25}{\sqrt{V}} \text{ angströms (Å)}$$

un angström est égal à un dix millionièmes de millimètre.

Un électron en mouvement est influencé par un champ magnétique qui dévie sa trajectoire et la transforme en cercle dont le rayon est donné par la formule :

$$R = \frac{m}{e} \cdot \frac{v}{H}$$

pratiquement $R = 5{,}6 \frac{v}{H}$

R = rayon en centimètres.
v = vitesse en milliers de kilomètres.
H = champ magnétique en gauss.

Déviation électrostatique d'un faisceau d'électrons.

Soit deux armatures d'un condensateur éloignées entre elles d'une distance a et d'une longueur l.

Si nous faisons passer un faisceau d'électrons, la déviation provoquée par une différence de potentiel V entre les armatures sera égale à :

$$d = \frac{1}{4}\frac{V}{a}\left(\frac{l^2 + 2 l L}{V}\right)$$

L = distance que doit parcourir l'électron.

Déviation engendrée par un champ magnétique perpendiculaire à la direction du faisceau électronique.

$$d = \frac{H \times L \times l \times e}{m \times v}$$

H = champ magnétique.
L = distance que doit parcourir l'électron.
l = chemin parcouru par l'électron dans le champ magnétique.
e = charge d'un électron.
v = vitesse d'un électron.
m = masse d'un électron.

Les ions.

Un atome auquel un ou plusieurs électrons ont été arrachés constitue un **ion positif.**

Les électrons arrachés deviennent un **ion négatif.**

Ionisation.

L'ionisation ou production d'ions a, en Radio, sa principale application dans les valves à gaz pour le redressement des courants de forte intensité.

Un ion étant un atome ayant perdu un ou plusieurs électrons périphériques, devient susceptible de transporter une charge électrique.

Pour arracher un électron périphérique d'un atome et provoquer dans un gaz raréfié le phénomène d'ionisation le travail à dépenser est égal à :

$$e V_i$$

e = la charge.
V_i = le potentiel d'ionisation du gaz.

Valeur de V_i en fonction de la nature du gaz.

Gaz rare ou vapeur	V_i
Argon	15,5
Hélium	24,5
Hydrogène	15,9
Néon	21,9
Oxygène	13,6
Vapeur de mercure	10,4
— de sodium	10,4

Lorsqu'un ion retrouve sa forme initiale d'atome en se combinant avec un autre électron voisin, l'énergie correspondant au travail d'ionisation devient disponible et engendre par l'émission d'un **photon** une radiation lumineuse.

L'énergie d'un photon est donnée par la relation $h\,f$.
h = constante de Planck = $6{,}62 \times 10^{-27}$ erg/sec.
f = fréquence de l'onde lumineuse.

L'énergie transportée par un photons de 1 angstrom est de 12 400 électron-volts. La lumière émise dans ces conditions a une longueur d'onde en angströms de :

$$\frac{12\,400}{V_i}$$

Les solides émettent aussi des photons : le choc d'un faisceau d'électrons animés d'une grande vitesse engendre des **rayons X**

Inversement la libération d'électrons se fait par bombardement de la matière avec des photons et il en résulte dans un circuit électrique un courant. C'est **l'effet photoélectrique.**

Cet effet photoélectrique est dit **interne** ou **externe** suivant que les électrons sont libérés dans la masse de la matière ou expulsé hors de la matière.

Les semi-conducteurs présentent un effet photoélectrique interne et certains métaux purs, sensibles à la lumière visible (sodium, baryum lithium, potassium, rubidium, cæsium) ont un effet photoélectrique externe.

Décharge dans les gaz à basse pression et vapeurs métalliques.

L'ionisation de produit lorsque la différence de potentiel appliquée à deux électrodes atteint la valeur V_s correspondant à la tension d'amorsage.

$$V_s = f(p \times d)$$

p = pression du gaz
d = distance entre électrodes.

La décharge qui en résulte a pour effet de rendre conducteur pour un seul sens du courant l'espace entre électrodes. Cette propriété est utilisée pour le redressement du courant alternatif dans :

les redresseurs à cathode liquide ;
les redresseurs à oxyde et à remplissage gazeux appelés aussi tubes à atmosphère gazeuse et cathode chaude.

La tension d'arc est pratiquement invariable quelle que soit l'intensité admissible. Elle est constante pour un type de tube déterminé : entre 7 et 15 V pour les tubes à vapeur de mercure et entre 8 et 32 V pour les tubes à atmosphère gazeuse.

Décharge dans un vide poussé.

L'émission d'électrons vers une **anode** portée à un potentiel positif par un corps chauffé dans le vide (la **cathode**) à une température déterminée constitue le phénomène sur lequel sont basés les tubes électroniques.

Expressions mathématiques des caractéristiques d'un tube électronique

Loi de Richardson.

Dans une diode le courant électronique augmente en fonction de la tension positive appliquée à la plaque jusqu'à ce qu'il atteigne une

certaine valeur — dite de courant de saturation — exprimée par la formule suivante :

$$I_s = A\,T^2\,e^{-\frac{b}{T}}$$

I_s = courant de saturation en ampères par centimètre carré de la surface chauffée de la cathode.
A et b = constantes dépendant de la nature du corps constituant la cathode dont la valeur est fournie par le tableau ci-après.
T = température absolue (zéro absolu = — 273° C).

Corps constituant la cathode	Température de fusion (en degrés absolus)	Valeur de A	Valeur de B
Tungstène	3 650	60,1	52 560
Tantale	3 300	50,0	47 550
Molybdène	2 895	60,2	51 300
Thorium	2 633	80	39 400
Niobium.	2 223	57	40 200

Loi de Langmuir.

Elle exprime la variation de l'intensité anodique en fonction de la tension anodique.

$I_p = k\,V_p^{3/2}$
I_p = courant anodique.
V_p = tension anodique.
k = constante dépendant de la nature du filament et des dimensions des électrodes.

Loi de Barkhausen.

Elle est également relative à l'intensité anodique en fonction de la tension anodique.

$I_p = I_0 e V_p k_t$
I_p = courant anodique.
V_p = tension anodique.
i_o = intensité fournie par le tube lorsque $V_p = 0$.
k_t = constante dépendant du corps constituant la cathode et de la température.
e = base des logarithmes népériens = 2,72.

DÉFINITION DE L'ÉLECTRONIQUE.

Ce sont l'étude et les applications des phénomènes mentionnés se rapportant aux déplacements hors de la matière des particules électrisées qui constituent l'**électronique** auxquels s'ajoutent également les déplacements des électrons dans les semi-conducteurs.

Les rayons X

Dans un tube à vide très poussé le bombardement à haute tension de l'anode provoque l'émission par celle-ci de radiations **électro-magnétiques**, de même nature que la lumière, mais de longueur d'onde beaucoup plus courte.

Absorption

Les rayons X, contrairement aux faisceaux d'électrons, ont la propriété de traverser les corps opaques à la lumière. Leur absorption par la matière est égale à :

$I_x = I_0 \, e^{-\mu x}$

I_x = intensité du rayonnement après la traversée de l'écran,
I_0 = intensité du rayonnement avant la traversée de l'écran,
x = épaisseur de l'écran,
μ = coefficient d'absorption linéaire de la matière.

Protection

Les rayons X sont dangereux pour l'homme. Pour être protégé à 1m de la source il doit interposer des plaques de plomb ayant, si l'intensité du tube est de 10 m A, une épaisseur de :

2,3 mm pour une tension continue de 100 kv
2 mm pour une tension ondulée de 100 kv
3 mm pour une tension continue de 150 kv
2,7 mm pour une tension ondulée de 150 kv
4,6 mm pour une tension continue de 200 kv
3,7 mm pour une tension ondulée de 200 kv
8,5 mm pour une tension continue de 250 kv
6,5 mm pour une tension ondulée de 250 kv
13,5 mm pour une tension continue de 300 kv
10,5 mm pour une tension ondulée de 300 kv

Classification des tubes à rayons X industriels.

Pour des alliages légers, très perméables aux rayonnements, la tension d'anode est inférieure à 100 kv et l'intensité à 5 m A.

Pour les travaux courants en radiométallographie la tension maximum est de l'ordre de 200 kv avec une intensité maximum de 20 m A.

Pour les métaux lourds ou pour les grandes épaisseurs la tension est supérieure à 300 kv sous une intensité maximum de 15 m A. Elle peut même atteindre 1 000 à 2 000 kv pour certaines radiographies de pièces industrielles.

Longueur d'onde.

La longueur d'onde des rayons X va sensiblement de 100 Å à 0,01 Å.

Les rayons X se divisent en **rayons mous** compris entre 100 à 3 Å environ et en **rayons durs** de 0,1 à 0,01 Å. Entre ces valeurs se trouvent les **rayons moyens.**

Cellules photoélectriques à vide ou à gaz

Les **cellules à vide** ont une résistance très élevée dans l'obscurité (10^4 à 10^8 MΩ). Elles laissent au contraire passer un courant lorsqu'elles sont éclairées et soumises à une différence de potentiel de 10 à 100 V.

Les **cellules à gaz** sont analogues mais leur ampoule contient un gaz inerte (argon) à faible pression. Leur sensibilité est plus grande, mais leur stabilité est moins bonne.

Code des cellules photoélectriques

1er chiffre : embase culot.

2	3	5	8	9
loctal (8 broches)	octal	spécial	noval (9 broches)	miniature (7 broches)

2e chiffre : caractérise la série du type.

1re lettre : A : sensible au bleu. — C : sensible au rouge.

2e lettre : G : cellule à gaz. — V : cellule à vide poussé.

Exemple : 90 CG =

Cellule avec culot miniature sept broches, série O, sensible au rouge, cellule à remplissage gazeux (pour film parlant, par exemple).

Applications industrielles de l'électronique

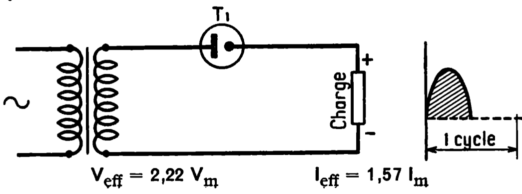
Redresseurs à tubes à gaz

Les principaux circuits redresseurs employés avec les tubes à gaz sont fournis ci-après avec les valeurs résultant de leur utilisation (ces valeurs sont exactes à 10 % près suivant les caractéristiques de l'utilisation).

Ces valeurs se rapportent à :

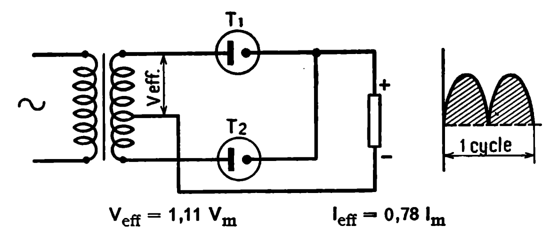
V_{eff} = tension secondaire efficace du transformateur,
V_m = tension moyenne redressée aux bornes de la charge,
I_{eff} = intensité efficace dans le secondaire du transformateur,
I_m = intensité moyenne dans la charge.

Monophasé un tube.



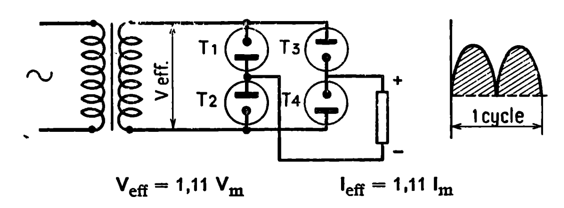
$V_{eff} = 2{,}22\ V_m$ $I_{eff} = 1{,}57\ I_m$

Monophasé deux tubes.



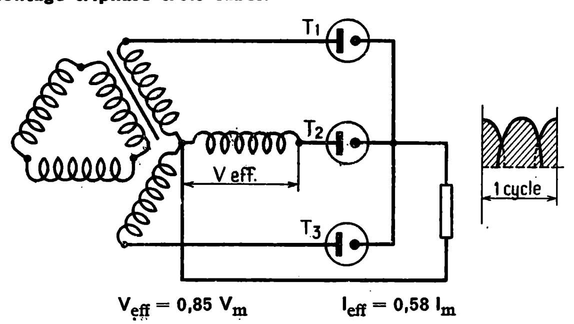
$V_{eff} = 1{,}11\ V_m$ $I_{eff} = 0{,}78\ I_m$

Monophasé quatre tubes en pont.



$V_{eff} = 1{,}11\ V_m$ $I_{eff} = 1{,}11\ I_m$

Montage triphasé trois tubes.



$V_{eff} = 0{,}85\ V_m$ $I_{eff} = 0{,}58\ I_m$

Fonctionnement des tubes à gaz.

La différence essentielle entre les tubes redresseurs à gaz et les tubes à vide réside dans l'intensité du courant redressé qui est limitée dans ces derniers par une charge d'espace négative, alors que dans les tubes à gaz cette limitation n'existe pas, la charge d'espace étant neutralisée par les ions positifs se déplaçant vers la cathode.

Le rendement d'un tube à gaz dépend donc de la tension continue de sortie et non de la charge.

Redresseurs à électrode de contrôle.

L'adjonction aux tubes redresseurs d'une troisième électrode entre anode et cathode leur confère l'avantage de fournir une tension et un courant redressés réglables progressivement avec une dépense minimum d'énergie. Elle conduit dans les redresseurs à cathode liquide : aux **excitrons** comportant plusieurs anodes masquées par une grille ; aux **ignitrons** possédant une seule anode et dont l'électrode auxiliaire plonge dans le mercure de la cathode.

Les tubes redresseurs à gaz comportant une grille de commande sont les **thyratrons.**

Les thyratrons.

Les thyratrons jouent un rôle important en électronique industrielle. comme relais ou interrupteur livrant brusquement passage à un courant de forte intensité. La gamme d'intensité anodique des modèles courants varie de 0,1 à 25 A.

Leur commande s'effectue par simple polarisation de la grille de commande. Mais, contrairement à celle des tubes à vide, son action est limitée au point d'amorçage choisi et ne s'exerce pas sur le courant d'anode. La réponse est rapide (moins de 10 μ s) mais ils demandent, surtout pour les triodes à vapeur de mercure, un temps de désionisation environ cent fois plus grand.

Pour le fonctionnement en redresseur la polarisation grille des thyratrons est commandée par déphasage. Il suffit d'une rotation de phase pour régler le débit du tube. La loi de variation est donnée par la formule ci-après :

$$V_1 = V_2 \cos \varphi$$

V_1 = la tension moyenne redressée en l'absence de l'effet de grille.
V_2 = la tension moyenne redressée avec l'effet de grille
φ = l'angle de déphasage de la polarisation négative et de la tension alternative de grille.

Les différents types de thyratrons.

On distingue deux catégories de thyratrons :

à vapeur de mercure,
à remplissage gazeux.

Les différences essentielles entre ces thyratrons sont résumées par le tableau ci-après :

	Vapeur de mercure	Remplissage gazeux
Gamme de température ambiante d'utilisation.	15 à 50°C	— 50 à + 70°C
Fréquence de fonctionnement.	basse fréquence seulement	jusqu'à 5 kc/s environ
Caractéristiques du montage	étude du montage simple	étude du montage plus délicate car le fonctionnement ne doit pas engendrer l'absorption du gaz
Temps de préchauffage.	long	court
Position de montage et de stockage	verticale seulement	quelconque

A titre d'exemple le tableau ci-après indique les courants anodiques que peuvent fournir les thyratrons Dario.

Coùramt anodique moyen max.		0,01 A	0,1 A	0,5 A	2,5A	3,2 A	6,4 A	12,5 A	15 A
Tension anodique max. sens direct	240V								RL 150
	500V							RL 255	
	650V		RL 21 (2D 21)						
	700V			RL 1607					
	1000V	EC50			RL57				
	1500V					RL 5544	RL 5545		
	2500V			RL 17			RL 105		

Thyratrons à cathode froide.

Les thyratrons à remplissage gazeux sont en général à **cathode chaude** mais pour supprimer les circuits de chauffage on a réalisé des

thyratrons à **cathode froide** où l'extraction des électrons s'effectue par bombardement ionique. Dans ces derniers l'électrode de commande est une anode auxiliaire servant à provoquer le commencement de la décharge entre anode et cathode. La tension d'anode auxiliaire pour l'amorçage est comprise entre + 70 et 90 V alors que la caractéristique de grille d'un thyratron à gaz à cathode chaude est négative.

Chauffage haute fréquence.

Les tubes électroniques permettent la construction de générateurs de centaines de cycles par seconde à des centaines de mégacycles par seconde pour fours haute fréquence.

Ces générateurs se composent essentiellement d'un tube électronique de grande puissance, généralement du type triode, de son alimentation anodique et d'un circuit oscillant.

Le chauffage s'effectue suivant deux procédés :

par **induction** pour les corps conducteurs qui sont chauffés grâce aux courants induits par un champ magnétique alternatif ;

par **pertes diélectriques.** (chauffage capacitif) pour les isolants qui sont le siège de pertes lorsqu'ils se trouvent dans un champ électrique.

Calculatrices électroniques.

Les calculatrices électroniques sont basées sur la production d'impulsions et le comptage de ces dernières.

Étant donné qu'un circuit électrique se caractérise par deux états, le passage ou l'interruption du courant, on a imaginé le **système binaire** dans lequel le passage correspond à 1 et l'absence à 0. Avec ce système on exprime tous les chiffres par un ensemble de 0 et de 1, par exemple 2 correspond à 11, 3 à 100, etc.

Pour leur utilisation il faut un **codage** des informations à l'entrée correspondant aux possibilités de la machine et à la sortie un **décodage** rentrant lisibles les résultats par l'opérateur. De plus des **mémoires** sont indispensables pour l'insertion ou le prélèvement d'un nombre.

Les ultrasons

Immédiatement après la gamme des sons audibles, c'est-à-dire au-dessus de 20 000 c/s, se trouvent les ultrasons. Ils possèdent la propriété de se propager en faisceaux rectilignes avec aussi peu de diffraction que les ondes ultra-courtes. Cette propagation s'effectue à l'intérieur des matériaux conducteurs.

Ils se propagent dans les liquides et les gaz à la vitesse $v = \sqrt{\gamma / \rho \beta}$

$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ = rapport des chaleurs spécifiques à pression constante C_p et à volume constant C_v

ρ = masse spécifique

β = coefficient de compressibilité.

Une des principales applications des ultrasons est le sondage sous marin.

Connaissant la vitesse de propagation de propagation V de l'onde ultrasonore dans l'eau de mer (1 500 m/s) et le temps T pendant lequel le signal a effectué le parcours « navire, fond de mer et retour » la profondeur est donnée par la relation suivante :

$$\text{Profondeur} = \frac{VT}{2}$$

A cette application s'ajoute le contrôle de l'hétérogénéité de certains métaux, le décapage et même le nettoyage.

Les générateurs sont :

électromagnétique,
piézoélectrique
ou à magnétostriction.

La **magnétostriction** est basée sur le fait que la longueur d'un barreau de métal (fer, nickel ou cobalt) subit des variations de la même fréquence que le champ magnétique alternatif auquel il est soumis. On peut obtenir des puissances de l'ordre de 10 W/cm^2 ; elles diminuent en fonction de la fréquence qui s'étend de 10 à 100 kc/s.

Les semi-conducteurs

Les semi-conducteurs sont des solides ayant une conductibilité intermédiaire entre les métaux et les isolants. Elle est comprise entre 10^2 et 10^8 Ω. cm^2/cm. D'autre part elle est susceptible de variations sous l'action d'un champ électrique, d'un champ magnétique, de l'éclaiement et de la température.

Les principaux semi-conducteurs connus sont en premier différents corps simples : le sélénium, le germanium, le silicium, le bore, le baryum et le tellure. Cependant, on trouve aussi des composés métalliques, tels que les oxydes, les sulfures, les carbures et les nitrures utilisés sous forme d'agglomérats de grains fins, ou que l'on obtient par sulfuration ou oxydation superficielle du métal.

Ce sont ces composés métalliques qui, traités comme des céramiques, sont employés dans les varistances, ou thermistances, ou résistances non linéaires. Leur prix est moins élevé que celui des corps simples, soit parce que ces derniers sont rares, soit parce que les méthodes d'extraction sont coûteuses.

Redresseurs métalliques.

Les redresseurs métalliques constituent une application des semi-conducteurs. Ils sont exécutés suivant trois principes :

à couche d'arrêt	redresseur au sulfure de cuivre redresseur à oxyde de cuivre redresseur au sélénium
à pointe	galène diode au germanium
à jonction	redresseur au germanium redresseur au silicium.

Principe d'une jonction.

Une jonction représente la zone de passage résultant de la réunion dans un même cristal d'un élément du **type N** et d'un élément du **type P**.

La différence entre ces deux types est provoquée par les impuretés contenues dans le cristal conduisant à un excès ou un déficit d'électrons dans le cristal qui devient :

donneur où les porteurs de charge sont négatifs (type N)
accepteur où les porteurs de charge sont positifs (type P).

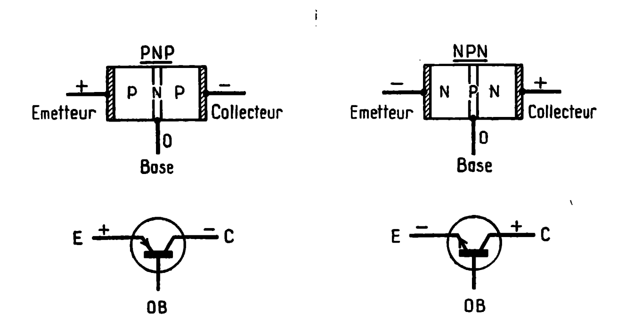
Du fait de ces deux conductibilités opposées il se produit un redressement car les électrons en excès de l'un ne vont pas combler les trous de l'autre ; ces électrons subissent à la fois une attraction par les centres donateurs et une répulsion par les centres accepteurs et créent une barrière de potentiel laissant circuler le courant que dans un seul sens.

Transistors à jonction.

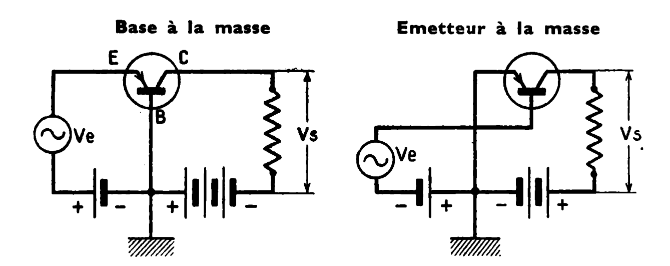
Entre deux jonctions assemblées on peut obtenir une amplification.
Deux assemblages sont possibles :

p n p
ou *n p n*

Ceci conduit à deux transistors de fonctionnement inverse comportant trois électrodes (Émetteur-Base-Collecteur).

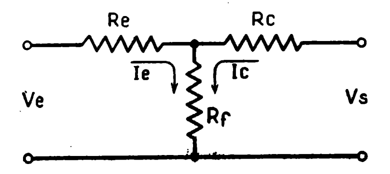


L'amplification de tension avec transistors PNP s'effectue suivant deux montages :



Comme pour les tubes à vide l'amplification $A = \frac{V_s}{V_e}$. Elle peut, avec des transistors au germanium, être plusieurs dizaines de fois plus grande que celle obtenue avec une triode.

Un transistor a, contrairement aux tubes à vide, une impédance d'entrée très faible. Utilisé dans un circuit avec base à la masse son circuit équivalent en T est représenté par le schéma ci-après.



R_e = résistance émetteur	I_e = courant émetteur
R_b = résistance base	I_c = courant collecteur
R_e = résistance collecteur	

Résistance d'entrée = $R_e + R_b$ (elle varie entre 150 et 1 000 Ω.
Résistance de sortie = $R_b + R_c$ (elle varie entre 10 000 Ω et 1 MΩ.

Un tube à vide fonctionne généralement sans courant de grille tandis que dans un transistor le courant i_a n'est jamais nul. Le transistor est commandé par des variations d'intensité alors que le tube à vide l'est par des variations de tension.

Transistors à pointe.

En produisant dans un cristal du type N deux petites surfaces du type P sur lesquelles deux pointes métalliques correspondant à l'émetteur et au collecteur sont en contact on réalise un transistor à pointe.

Les transistors à pointe conviennent en haute fréquence. Ils sont fragiles et ne supportent que de faibles intensités. On leur préfère les transistors à jonction beaucoup plus robustes.

Limite d'emploi.

Là grande longévité des transistors n'est garantie que si leur point de fonctionnement est respecté. Ils doivent donc être utilisés exactement dans les limites fixées par le constructeur car ils ne supportent pas l'élévation de température résultant des surcharges.

Température à ne pas dépasser

Germanium : 80°C
Silicium : 125°C.

Cellules photoélectriques à semi-conducteurs.

Les semi-conducteurs sont susceptibles de provoquer sous l'action de la lumière visible ou des rayons infrarouges ou ultraviolets un courant photoélectrique.

Les différents types de cellules photoélectriques à semi-conducteur sont :

les **cellules photorésistances** dont la sensibilité peut atteindre jusqu'à 1 000 m A/lu (à titre de comparaison indiquons qu'elle n'est que de 30 μ A/lu pour certaines cellules à vide) ;

les **cellules à couche d'arrêt** ou **photovoltaïques**, ne nécessitant aucune source de courant ;

les **cellules à jonction** (photodiodes ou phototransistors) dont la sensibilité est de l'ordre de 30 m A/lu).

En réunissant plusieurs cellules à couche d'arrêt ou à jonction on réalise des **piles solaires.**

Résistances non linéaires.

Les semi-conducteurs ont une propriété importante : ils ne suivent pas la loi d'Ohm.

Cette propriété est à la base des résistances non linéaires dont la résistivité décroît fortement quand la tension appliquée à leurs bornes augmente. Cette propriété permet de résoudre divers problèmes de stabilisation de tension, de protection contre les surtensions, etc.

Les résistances V D R (abréviation de « voltqge dépendent résistors ») sont une variété de résistances non linéaires.

L'intensité de courant traversant une résistance V D R est approximativement donnée par la relation ci-après :

$$I = K\ V^{\alpha}$$

K est un coefficient représentant l'intensité en ampères pour une tension appliquée de 1 V ;

l'exposant α est un nombre supérieur à l'unité, il varie entre 4 et 6 pour les résistances V D R courantes.

Cet exposant définit la variation de résistance en fonction de la tension :

$$R = \frac{V}{K\ V^{\alpha}} = \frac{1}{K\ V^{\alpha - 1}}$$

Résistances à coefficient de température négatif.

Le coefficient négatif de température des semi-conducteurs est utilisé pour la fabrication de résistances spéciales appelées résistances C T N, thermistances ou thermistors, où la résistance est une fonction parfaitement définie de la température et diminue fortement avec celle-ci. La variation de température peut provenir, soit de l'intensité du courant qui les traverse, soit d'un échauffement externe dû à la température ambiante par exemple.

La variation de résistance à chaud est donnée par la formule classique :

$R = R_t (1 + a \Delta t)$
R = la résistance à la température $t + \Delta t$,
R_t = la résistance à la température t,
a = coefficient de température.

Ce coefficient de température varie suivant la loi

$$a = -\frac{b}{T^2}$$

où b désigne une constante d'autant plus grande que la résistance est élevée à une certaine température et T la température absolue ($T = t + 273$).

Avec les résistances CTN les variations de résistance sont de — 3 à — 4 % autour de 20 °C et encore de — 1 % autour de 300 °C.

Ces résistances sont particulièrement aptes à la suppression des surintensités dans les circuits. Elles servent aussi à la réalisation de thermostats, de dispositifs compensateurs d'ambiance, d'indicateurs de vide et à la commande de relais. De nombreuses autres applications industrielles et météorologiques peuvent être envisagées. Cependant, dans toutes ces applications, pour que ces résistances remplissent correctement leur mission, il importe de les soustraire de toute autre cause de variation de température, autre que celle provoquée par le phénomène qu'elles contrôlent.

TROISIÈME PARTIE

RADIOÉLECTRICITÉ

Relation entre la longueur d'onde et la fréquence.

Les rayonnements sont caractérisés par leurs fréquences ou par leurs longueurs d'onde.

La longueur d'onde λ est définie par la relation

$$\lambda = v\,T$$

v = vitesse de propagation des ondes (299 820 ou en chiffres ronds 300 000 kilomètres à la seconde).

$$T = \text{la durée d'une période} = \frac{1}{f}$$

En fonction de la fréquence, la valeur de λ en kilomètres est donc égale à :

$$\frac{v}{f} \text{ soit } \frac{299\,820}{F}$$

Pratiquement on détermine la longueur d'onde en fonction de la fréquence de la formule ci-après :

$$\lambda = \frac{300\,000}{F}$$

λ = longueur d'onde en mètres
F = fréquence en kilocycles par seconde.

A noter que le terme « période par seconde » (pps) n'est plus employé. Il est remplacé par cycle par seconde (c/s) ou hertz (Hz)

Kilocycle (k c/s) = kilohertz (k Hz) = 1 000 c/s ou Hz
Mégacycle (Mc/s) = Mégahertz (M Hz) = 1 000 000 c/s ou Hz

C'est en partant de la formule ci-dessus que le graphique et le tableau ci-après ont été établis.

Facteurs de conversion pour l'emploi du graphique

Fréquence en kc/s	Multiplié f par :	Multiplié λ par :
30 — 300	0,1	10,0
300 — 3 000	1,0	1,0
3 000 — 30 000	10,0	0,1
30 000 — 300 000	100,0	0,01
300 000 — 3 000 000	1 000,0	0,001
3 000 000 — 30 000 000	10 000,0	0,0001

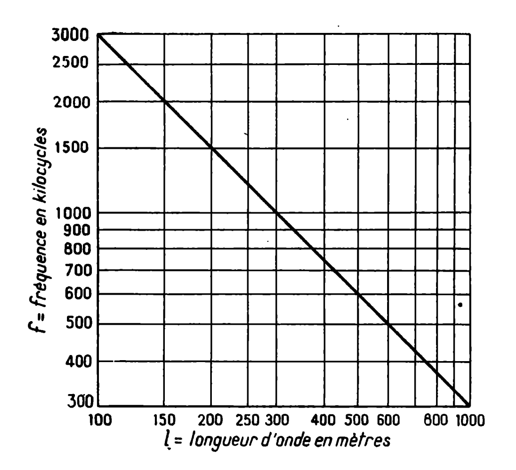


Tableau de conversion de la longueur d'onde en fréquence avec valeur de la pulsation correspondante

Longueur d'onde en mètres	Fréquence en kilocycles par seconde		Pulsation (ω) = 2 π f		Longueur d'onde en mètres	Fréquence en kilocycles par seconde		Pulsation (ω) = 2 π f	
10	3,0	10^4	1,89	10^8	140	2,14	10^3	1,33	10^7
20	1,5	10^4	9,43	10^7	150	2,0	10^3	1,26	10^7
30	1,0	10^4	6,28	10^7	160	1,88	10^3	1,18	10^7
40	7,5	10^3	4,71	10^7	170	1,76	10^3	1,11	10^7
50	6,0	10^3	3,77	10^7	180	1,67	10^3	1,05	10^7
60	5,0	10^3	3,14	10^7	185	1,62	10^3	1,02	10^7
70	4,29	10^3	2,69	10^7	190	1,58	10^3	9,92	10^6
80	3,75	10^3	2,35	10^7	195	1,54	10^3	9,66	10^6
90	3,33	10^3	2,09	10^7	200	1,50	10^3	9,42	10^6
100	3,00	10^3	1,89	10^7	205	1,46	10^3	9,18	10^6
110	2,73	10^3	1,71	10^7	210	1,43	10^3	8,97	10^6
120	2,50	10^3	1,57	10^7	215	1,39	10^3	8,75	10^6
130	2,31	10^3	1,45	10^7	220	1,36	10^3	8,57	10^6

Tableau de conversion de la longueur d'onde en fréquence avec valeur de la pulsation correspondante *(suite)*

Longueur d'onde en mètres	Fréquence en kilocycles par seconde	Pulsation $(\omega) = 2 \pi f$	Longueur d'onde en mètres	Fréquence en kilocycles par seconde	Pulsation $(\omega) = 2 \pi f$
225	1,33 10^{3}	8,36 10^{6}	510	588	3,70 10^{6}
230	1,30 10^{3}	8,19 10^{6}	520	577	3,62 10^{6}
240	1,25 10^{3}	7,86 10^{6}	530	566	3,56 10^{6}
250	1.20 10^{3}	7,54 10^{6}	540	556	3,49 10^{6}
260	1,15 10^{3}	7,25 10^{6}	545	550	3,46 10^{6}
270	1,11 10^{3}	6,98 10^{3}	550	545	3,43 10^{6}
280	1,07 10^{3}	6,73 10^{6}	555	541	3,40 10^{6}
290	1,04 10^{3}	6,50 10^{6}	560	536	3,37 10^{6}
300	1 000	6,28 10^{6}	565	531	3,34 10^{6}
310	968	6,08 10^{6}	570	527	3,31 10^{6}
320	938	5,89 10^{6}	575	522	3,28 10^{6}
330	909	5,71 10^{6}	580	517	3,25 10^{6}
340	883	5,54 10^{6}	585	513	3,22 10^{6}
350	857	5,39 10^{6}	590	509	3,20 10^{6}
360	833	5,24 10^{6}	595	504	3,17 10^{6}
370	811	5,09 10^{6}	600	500	3,14 10^{6}
380	790	4,96 10^{6}	625	480	3,02 10^{6}
390	769	4,83 10^{6}	650	462	2,90 10^{6}
400	750	4,71 10^{6}	675	444	2,79 10^{6}
410	732	4,60 10^{6}	700	429	2,69 10^{6}
420	715	4,49 10^{6}	725	414	2,60 10^{6}
430	697	4,38 10^{6}	750	400	2,51 10^{6}
440	682	4,28 10^{6}	775	387	2,43 10^{6}
450	667	4,19 10^{6}	800	375	2,36 10^{6}
460	653	4,10 10^{6}	825	364	2,28 10^{6}
470	639	4,01 10^{6}	850	353	2,22 10^{6}
480	625	3,93 10^{6}	875	342	2,16 10^{6}
490	612	3,85 10^{6}	900	333	2,09 10^{6}
500	600	3,77 10^{6}	1 000	300	1,89 10^{6}

Abréviations pour désigner les bandes de radiofréquences

Limites en kilocycles	Désignation	Abréviation
Moins de 30 kc/s	très basse	VLF
30 à 300 kc/s	basse	LF
300 à 3 000 kc/s	moyenne	MF
3 000 à 30 000 kc/s	haute	HF
30 000 à 300 000 kc/s	très haute	VHF
300 000 à 3 000 000 kc/s	ultra haute	UHF
3 000 000 à 30 000 000 kc/s	super haute	SHF

Spectre des ondes électromagnétiques

Rayonnement	Longueur d'onde
Rayons cosmiques	Supérieure à 0,01 Å
Rayons gamma (γ)	0,001 à 0,01 Å
Rayons X	0,01 à 100 Å
Rayons ultraviolets	0,01 à 0,4 μ
Rayons visibles	0,4 à 0,75 μ
Rayons infrarouges	0,75 à 10 μ
Ondes radioélectriques. Radar	1 à 100 cm
Télévision et Radiophonie FM	1 à 10 m
Radiophonie MA	10 à 2000 m
Téléphonie et télégraphie sur ondes longues	2 000 à 30 000
Courant électrique 50 c/s	6 000 000 m

1 Å = 0,0001 μ = 0,000 000 01 cm

Les gammes d'ondes

Les ondes hertziennes se divisent en différentes gammes :

Les grandes ondes ou ondes longues, supérieures à 600 m de longueur d'onde.

Les petites ondes ou ondes moyennes comprises entre 190 et 600 m.

Les ondes courtes de 10 à 190 m.

Les ondes ultra-courtes de 1 à 10 m.

Les ondes décimétriques de 10 cm à 1 m.

Les ondes centimétriques de 1 à 10 cm.

Gammes normalisées pour les superhétérodynes 5 gammes.

G.O. : 275 à 151 kc/s, soit 1 090 à 1 990 m.

P.O_2 : 928 à 510 kc/s, soit 322 à 590 m.

P.O_1 : 1 600 à 878 kc/s, soit 187 à 341 m.

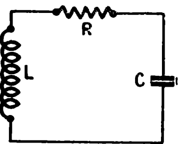
O.C_2 : 10,8 à 5,9 Mc/s, soit 27,8 à 51 m.

O.C_1 : 18,75 à 10,2 Mc/s, soit 16 à 29,4 m.

Circuit oscillant

Définition.

Un circuit oscillant est constitué d'une résistance R, d'une inductance L et d'un condensateur C.



Si R pouvait être nul, l'apparition d'un courant I dans le circuit engendrerait un courant alternatif sinusoïdal dont la durée serait sans limite. Dans ces conditions le courant aurait une période propre indépendante de l'amplification de I et dépendante des éléments du circuit. La pulsation propre ω_0 correspondante est en effet donnée par la formule

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \text{ nous en déduisons } L\,C\omega_0^2 = 1$$

$$\text{et } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Pratiquement si nous exprimons L en heurys et C en microfarads

$$f = \frac{159}{\sqrt{L \times C}}$$

$$L = \frac{25\,330}{f^2 \times C}$$

$$C = \frac{25\,330}{f^2 \times L}$$

La période T s'exprime par la relation :

$$T = 2\pi L C \text{ (formule de Thomson).}$$

Pour que, dans le circuit composé comme indiqué plus haut, la décharge du condensateur prenne un caractère oscillatoire, il est nécessaire que :

$$R^2 < \frac{4L}{C}$$

en d'autres termes un circuit est oscillant lorsque R est plus petit que $\sqrt{\frac{4L}{C}}$ si cette condition n'est pas remplie le régime cesse d'être oscillatoire pour devenir **apériodique.**

Lorsque $R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, la résistance est dite critique.

La période propre d'un circuit oscillant en tenant compte de la résistance est donnée par la formule suivante :

$$T = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{R^3 C}{44}}}$$

Caractéristiques d'un circuit oscillant.

Constante de temps (θ).

Elle s'exprime par :

$$\theta = \frac{2L}{R}$$

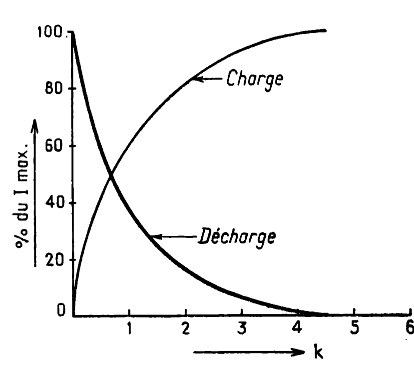
A noter que dans un circuit comprenant seulement une inductance et une résistance (cas d'un bobinage) elle est égale à :

$$\theta = \frac{L}{R}$$

et dans un circuit présentant résistance et capacité (cas d'un condensateur).

$$\theta = RC$$

Le temps nécessaire pour que l'intensité d'un courant atteigne une certaine valeur est donné par les formules ci-après :



$t = K\frac{L}{R}$ pour un circuit inductif

$t = k\frac{C}{R}$ pour un circuit capacitif

t en secondes
L en henrys
C en farads
R en ohms
K est un facteur déterminé en fonction de l'accroissement ou de la diminution de l'intensité que l'on déduit de la courbe ci-contre.

Coefficient de surtension.

Ou facteur de qualité, s'indique dans les formules par les lettres *s* ou Q, il est égal à :

$$Q = \sqrt{\frac{L^2 \omega^2}{R^2} + 1}$$

$\frac{L^2 \omega^2}{R^2}$ étant beaucoup plus grand que 1, on se sert en général de la formule approchée :

$$Q = \frac{L \omega}{R}$$

Décrément (*d*).

Il est l'inverse du coefficient de surtension donc

$$d = \frac{R}{L \omega} = \delta T$$

δ est le décrément logarithmique

$$\delta = \frac{\pi R}{L \omega} = \frac{\pi}{Q} = \frac{R}{2 L f}$$

Facteur de sélectivité.

C'est le rapport entre la tension (E max.) produite par un courant de fréquence égale à la fréquence de résonance du circuit, et dont la tension (E Δ f) est engendrée par un courant de même amplitude que le premier, mais de fréquence légèrement différente de la fréquence de résonance. Nous pouvons poser :

$$\frac{E_{max}}{E \Delta f} = \frac{I_{max}}{I \Delta f} = \sqrt{\frac{2 L \Delta \omega}{R} + 1}$$

Résonance.

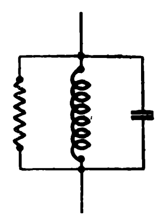
Il y a résonance au moment où la fréquence des impulsions du courant appliqué à un circuit oscillant, est identique à la fréquence propre de celui-ci. Elle se produit lorsque la réactance de la bobine se trouve exactement compensée par la réactance de capacité du condensateur, c'est-à-dire au moment où :

$$L \omega = \frac{1}{C \omega}$$

Dans ces conditions l'impédance devient minimum. En effet elle est égale à :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\,\omega - \frac{1}{C\,\omega}\right)^2}$$

si $L\,\omega$ et $\frac{1}{C\,\omega}$ sont égaux, $Z = R$

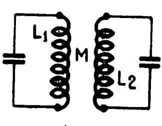


il en résulte une augmentation considérable de l'intensité et la tension aux bornes du condensateur devient également supérieure à la tension de la source, elle est égale à cette dernière multipliée par *s* (coefficient de surtension). Dans ce cas il s'agit d'une **résonance série.**

Dans un circuit constitué suivant la figure ci-contre, cas d'une **résonance parallèle,** l'effet est par contre inverse, le courant passant par un minimum au moment de la résonance.

Couplage des circuits oscillants.

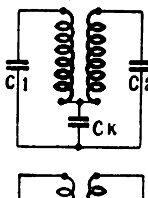
Deux circuits sont dits couplés lorsqu'un courant alternatif appliqué à un de ces circuits (le primaire) provoque, dans l'autre (le secondaire) l'apparition d'un courant. Un couplage se manifeste par un transfert d'énergie et s'exprime par un coefficient de couplage K dépendant du mode de couplage.



1. Couplage par induction.

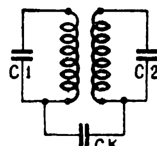
$$K^2 = \frac{M^2}{L_1\,L_2}$$

M est le coefficient **d'induction mutuelle** des deux circuits.



2. Couplage par conduction :

$$K^2 = \frac{C_1\,C^2}{C_k^2}$$



3. Couplage par capacité

$$K^2 = \frac{C^2_k}{C_1\,C_2}$$

Degré de couplage (m).

ou indice de couplage est défini par la relation

$$n^2 = \frac{K^2}{d_1\, d_2}$$

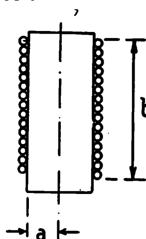
d_1 = décrément du premier circuit,
d_2 = décrément du second circuit.

Lorsque $n < 1$ on dit que le couplage est lâche
— $n = 1$ — — critique.
— $n > 1$ — — serré.

Bobines d'inductance

L'auto-inductance **des bobines à air à une seule couche** peut être déterminée en utilisant la formule de Nagaoka ci-après :

$$L = 2\pi^2 : \left(\frac{2\,a}{b}\right) n^2\, a\, k = \frac{0{,}0395\, a^2 n^2 k}{b}$$



L = coefficient d'auto-induction en henrys.

a = le rayon moyen de la bobine.

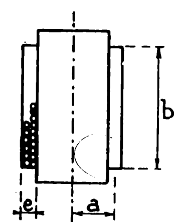
b = la longueur de la bobine.

n = nombre total de spires.

k = coefficient dépendant du rapport $\frac{2\,a}{b}$ dont la valeur est donnée par le tableau ci-dessous.

Valeur de k dans la formule de Nagaoka.

$2a/b$	k	$2a/b$	k
—	—	—	—
0	1,0	2,00	0,526
0,05	0,979	2,50	0,472
0,10	0,959	3,00	0,429
0,15	0,939	3,50	0,394
0,20	0,920	4,00	0,365
0,25	0,902	5,00	0,320
0,30	0,884	6,00	0,283
0,40	0,850	7,00	0,258
0,50	0,818	8,00	0,237
0,60	0,789	9,00	0,219
0,70	0,761	10,00	0,203
0,80	0,735	25,00	0,105
0,90	0,711	50,00	0,061
1,0	0,688	75,00	0,043
1,25	0,638	100,00	0,035
1,50	0,595	200,00	0,019
1,75	0,558	400,00	0,011



La formule de Nagaoka peut aussi être utilisée pour déterminer l'auto-inductance des bobines à plusieurs couches et nous pouvons poser :

$$L = \frac{0{,}0395\, a^2 n^2 k'}{b}$$

k' est donné en fonction du rapport $\frac{e}{2a}$ par une suite de tableaux dont on trouvera ci-après les principaux.

1. Valeurs de k' lorsque $\frac{e}{2a} = 0{,}05$.

$\frac{b}{c}$	k'	$\frac{c}{b}$	k'
0	0	0	0,9675
0,1	0,0121	0,1	0,4947
0,2	0,0235	0,2	0,3361
0,3	0,0346	0,3	0,2574
0,4	0,0451	0,4	0,2097
0,5	0,0553	0,5	0,1774
0,6	0,0651	0,6	0,1540
0,7	0,0747	0,7	0,1362
0,8	0,0839	0,8	0,1222
0,9	0,0928	0,9	0,1109
1	0,1015	1	0,1015

2. Valeurs de k' pour $\frac{e}{2a} = 0{,}1$.

$\frac{b}{c}$	k'	$\frac{c}{b}$	k'
0	0	0	0,9367
0,1	0,0197	0,1	0,6276
0,2	0,0383	0,2	0,4674
0,3	0,0559	0,3	0,3735
0,4	0,0727	0,4	0,3119
0,5	0,0887	0,5	0,2682
0,6	0,1040	0,6	0,2356
0,7	0,1186	0,7	0,2102
0,8	0,1327	0,8	0,1899
0,9	0,1432	0,9	0,1732
1	0,1593	1	0,1593

3. Valeurs de k' pour $\frac{e}{2a} = 0{,}2$.

$\frac{b}{c}$	k'	$\frac{c}{b}$	k'
0	0	0	0,8808
0,1	0,0307	0,1	0,7012
0,2	0,0592	0,2	0,5753
0,3	0,0857	0,3	0,4863
0,4	0,1106	0,4	0,4204
0,5	0,1339	0,5	0,3703
0,6	0,1559	0,6	0,3310
0,7	0,1766	0,7	0,2992
0,8	0,1963	0,8	0,2731
0,9	0,2149	0,9	0,2512
1	0,2326	1	0,2326

Formule de Maxwell pour le calcul du coefficient d'auto-inducion des bobines à air à plusieurs couches.

$$L = 4\pi a n^2 \left[\left(1 + \frac{3R^2}{16a^2}\right)\log_e \frac{8a}{R} - \left(2 + \frac{R^2}{16a^2}\right)\right]$$

dans laquelle

$$R = 0{,}2235\,(b + c)$$

Formule simplifiée pour le calcul approximatif d'une inductance.

$$L = \frac{n^2 d^2}{43{,}8\,d + 112{,}5\,b^2} \times \frac{d^2 - 2{,}25\,e}{d}$$

n = nombre de tours.
b = hauteur de la bobine.
d = diamètre —
e = épaisseur —

Formule pratique pour déterminer le nombre de tours d'une bobine d'inductance.

La formule ci-après convient pour la détermination à 2 % près du nombre de tours d'un enroulement cylindrique à une seule couche

$$n = k\frac{\sqrt{b\,L}}{d}$$

L = coefficient d'auto-induction en microhenrys.
b = hauteur de la bobine en mm.
d = diamètre de la bobine en mm.
k = constante donnée par le tableau ci-dessous en fonction du rapport de $\frac{d}{b}$.

$\frac{b}{d}$	k
0,1	70,6
0,5	43,9
1	38,4
1,5	36,4
2	35,3
2,5	34,7
3	34,2
5	33,3
10	32,6

Inductance maximum.

Avec un tore à section de bobinage carrée, l'inductance maximum est obtenue lorsque

$$r = 1,85\ a$$

r = rayon de la spire moyenne
a = côté du carré formant la section.
Dans ces conditions :

$$L = 35,3\ n^2\ a \times 10^{-9} \text{ henrys.}$$

Dans un bobinage cylindrique, pour une longueur de fil donnée, on considère que l'inductance est maximum lorsque le rapport $\frac{d}{b} = 2,46$.

d = diamètre de la bobine.
b = hauteur de la bobine.

Induction mutuelle.

Une bobine d'inductance traversée par un courant I est également traversée par un flux Φ

$$\Phi = L\ I$$

Si une deuxième bobine voisine de la première est traversée par un flux Φ_1 on dit qu'il y a induction mutuelle

$$\Phi_1 = M\ I$$

M = coefficient d'induction mutuelle

$$M = k\sqrt{L_1\ L_2} \text{ ou } k = \frac{M}{\sqrt{L_1\ L_2}}$$

k = coefficient de couplage (valeur comprise entre 0 et 1).
Lorsque k est très faible le couplage est « lâche », au-dessus de quelques dixièmes, il est dit « serré ». Pour deux bobines séparées il est au maximum de l'ordre de 0,6.

Inductances en série.

Comme pour les résistances, s'il n'y a pas induction mutuelle, les inductances s'ajoutent :

$$L = L_1 + L_2...$$

S'il y a induction mutuelle

$$L = L_1 + L_2 \pm 2\,M$$

Le coefficient M est positif lorsque les deux enroulements tournent dans le même sens, il est négatif lorsqu'ils sont en opposition.

Inductances en parallèle.

Sans effet d'induction mutuelle

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}...$$

Avec induction mutuelle

$$L = \frac{L_1\,L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2\,M}$$

Bobines d'inductance à fer.

L'inductance d'une bobine avec circuit magnétique à entrefer se déduit de la formule suivante lorsqu'elle est parcourue uniquement par un courant alternatif.

$$L = \frac{1{,}25 \times N^2}{\frac{l}{\mu \times s} + \frac{\varepsilon}{s}} 10^{-8}$$

L = coefficient d'auto-induction en henrys.
N = nombre de tours de la bobine.
μ = perméabilité du fer (1.000 à 2.500 suivant la qualité des tôles).
l = longueur de la ligne de force en centimètres.
s = section du noyau en centimètres carrés.
ε = épaisseur de l'entrefer en centimètres.

Sans entrefer la formule s'exprime :

$$L = \frac{1{,}25 \times N^2 \times s \times \mu}{l} 10^{-8}$$

Principe de changement de fréquence

L'effet de changement de fréquence est dû au battement résultant de la superposition du signal d'une émission captée de fréquence F_1 et d'une oscillation de fréquence F_2 produite par un générateur local.

La détection fait apparaître une oscillation

$$M\,F = F_1 - F_2$$

M F représente la moyenne fréquence, ou fréquence intermédiaire, c'est pourquoi l'abréviation M F est souvent remplacée par FI.

Le système d'accord d'un récepteur étant réglé sur une émission de fréquence F_1, il y a deux valeurs de F_2 (fréquence locale) qui donnent par différence avec F_1 la fréquence intermédiaire

$$F_2 = F_1 + MF$$
$$F_2 = F_1 - MF$$

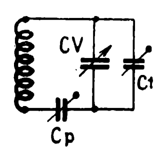
Deux signaux émis par des émetteurs dont la différence de longueurs d'onde correspond à 2 MF peuvent donc, en combinaison avec la fréquence locale, produire l'un et l'autre la fréquence intermédiaire. Cet inconvénient du changement de fréquence porte le nom de phénomène de la « fréquence image ».

Avec une fréquence intermédiaire de fréquence élevée les fréquences images se trouvent suffisamment éloignées pour ne pas apporter de troubles (valeur normalisée de la moyenne fréquence : 472 kc/s).

Le changement de fréquence exige donc deux circuits d'accord variable, le circuit d'antenne et le circuit oscillateur. L'accord se fait dans les deux cas par un condensateur variable. D'après les normes SNIR, la capacité utile de ce condensateur doit être de 490 pF et la capacité résiduelle de $\leqslant$ 13 pF.

La commande unique est possible lorsque les courbes caractérisant les circuits d'accord et d'oscillation sont identiques. Pour arriver à faire coïncider ces courbes on procède à l'alignement, c'est-à-dire au réglage de condensateurs d'appoint appelés padding lorsqu'ils sont en série, et trimmer s'ils sont branchés en parallèle. Ceux-ci ne permettent pas cependant d'obtenir des courbes absolument identiques, mais seulement une courbe possédant avec la courbe cherchée trois points communs au maximum.

Action des condensateurs ajustables.



Soit un circuit oscillant réalisé avec le condensateur variable CV en parallèle avec C_t **(trimmer)** et C_p **(padding)** en série.

Désignons par C_e la capacité effective

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_v + C_t} + \frac{1}{C_p}$$

La variation de C_e voulue pour l'alignement des circuits en vue du monoréglage est donc différente suivant que l'on agit sur C_t ou C_p.

Nous avons :

$$\frac{\Delta C_e}{\Delta C_t} = \left(\frac{C_e}{C_v + C_t}\right)^2$$

$$\frac{\Delta C_e}{\Delta C_p} = \frac{C_e^2}{C_p^2}$$

Nous pouvons en déduire qu'en modifiant le trimmer la courbe d'accord subit une **translation** et qu'au contraire en agissant sur le padding la courbe se déplace en subissant une **rotation**.

Gamme couverte par un condensateur variable.

Le rapport des fréquences extrêmes que peut couvrir un condensateur variable est donné par la formule suivante :

$$\frac{F_1}{F_2} = \sqrt{\frac{CV}{C_o} + 1}$$

F_1 = la fréquence maximum.
F_2 = la fréquence minimum.
CV = la capacité variable utile.
C_o = la capacité résiduelle totale.

Le bobinage correspondant doit avoir un coefficient d'auto-induction de :

$$L = \frac{2533 \times 10^7}{C_v} \left(\frac{1}{F_2} - \frac{1}{F_1}\right)$$

L = coefficient d'auto-induction en microhenrys.
C_v = capacité en picofarads.
F_1 et F_2 = fréquences extrêmes en kilocycles.

Bande étalée.

Afin de faciliter le réglage des récepteurs en ondes courtes on prévoit un étalement de certaines bandes de fréquences. Dans le cas d'une bande étalée par un condensateur en parallèle avec le condensateur d'accord existant on a :

$$C_p = C_v \frac{f_h^2 - f_b^2}{f_b^2}$$

C_p = condensateur parallèle pour l'étalement de la bande, en pF ;
C_v = condensateur d'accord, auquel il convient d'ajouter les capacités parasites du circuit, en pF ;
f_b = fréquence la plus basse de la bande, en Mc/s ;
f_h = fréquence la plus haute de la bande, en Mc/s.

Propriétés minima que doivent présenter les récepteurs

(d'après la publication 703 de l'U.S.E.).

Sensibilité.

Celle-ci est définie, conformément aux standards généralement acceptés, par la tension HF, modulée à 400 cycles et à 30 %, nécessaire pour obtenir une puissance de sortie de 50 mW.

Cette tension doit être inférieure pour n'importe quelle fréquence repérée sur le cadran, à 200 μV pour les récepteurs de la qualité A (alternatif) et à 400 μV pour les récepteurs de la qualité B (tous courants).

Sélectivité.

L'essai est fait à 1 000 kc/s. Le générateur et le récepteur étant accordés tous deux sur 1 000 kc/s, on mesure la tension E du générateur nécessaire pour obtenir la puissance de sortie de 50 mW. Sans toucher au réglage du récepteur, on règle ensuite le générateur à 1 000 + 9 et à 1 000 — 9 kc/s et on note les tensions E′ et E″ nécessaires pour obtenir le même puissance de sortie de 50 mW.

L'essai est considéré comme satisfaisant si E′/E et E″/E sont tous deux supérieurs à 50.

Antifading.

Le générateur et le récepteur sont tous deux accordés sur une fréquence quelconque. La tension fournie par le générateur étant de 500 μV, ou règle la commande de volume du récepteur pour que la puissance de sortie soit de 250 mW pour un récepteur alternatif, ou de 100 mW pour un « tous courants ».

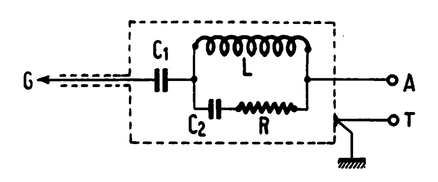
Puissance de sortie.

On applique une tension BF sinusoïdale à 400 cycles à la grille du premier tube amplificateur BF. La puissance de sortie avec une distorsion de 10 % doit être au minimum de 1 500 mW pour un récepteur alternatif et de 500 mW pour un récepteur alternatif et de 500 mW pour un tous-courants.

Antenne standard.

Pour effectuer le contrôle des propriétés des récepteurs, en respectant leurs conditions d'emploi, il convient d'utiliser une antenne artificielle entre le générateur HF servant aux essais et le récepteur.

Les éléments de l'antenne fictive standards ont été déterminés par l'Institute of Radio Engineers.



A l'origine cette antenne était constituée par trois éléments en série : un condensateur de 200 pF ;
une bobine d'auto-induction de 20 μF ;
une résistance de 25 Ω pour les fréquences au-dessous de 1 550 kc/s et 450 Ω pour les fréquences supérieures.

Actuellement l'antenne généralement adoptée est représentée par la figure de la page 66, elle comprend :

un condensateur Cl de 200 pF ;
un condensateur C2 de 400 μF ;
une bobine d'auto-induction de 20 μH ;
une résistance non inductive de 400 Ω.

Les différents éléments doivent être blindés et leur blindage réuni à la terre.

Cette antenne est sensiblement équivalente à une antenne extérieure constituée d'un fil horizontal de 15 m de long, placé à 7,5 m au-dessus du sol et réuni au récepteur par un conducteur de 10 m.

Les résistances en radioélectricité

Chaque fois qu'une tension doit être réduite, qu'une différence de potentiel d'une valeur déterminée doit être appliquée à l'électrode d'un tube ou qu'un découplage doit être effectué, on utilise des résistances fixes. Leurs valeurs se calculent suivant les indications ci-après.

Calcul d'une résistance de grille-écran.

Soit E_1 la tension d'alimentation.
E_2 la tension de grille-écran.
I l'intensité du courant-écran.
R la résistance en série avec l'écran.

$$R = \frac{E_1 - E_2}{I}$$

Calcul d'un pont alimentant une grille-écran.

Courant absorbé par le pont

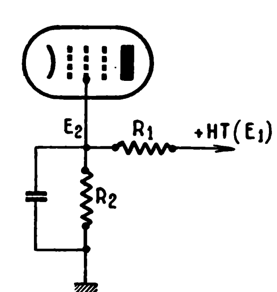
$$\frac{E_1}{R_1 + R_2}$$

fixons-le à une faible valeur : 4 m A par exemple.

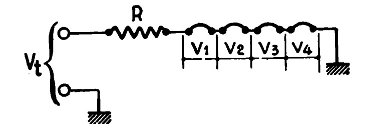
$$R_2 = \frac{E^2}{0{,}004}$$

$$R_1 = \frac{E_1 - E_2}{I + 0{,}004}$$

I = intensité du courant écran.



Calcul de la résistance série du chauffage des tubes d'un récepteur tous courants.



Appelons V_1, V_2, V_3 et V_4 les différentes tensions de chauffage sous un même débit (I) des tubes du poste et V_t la tension fournie par le secteur.

$$R = \frac{V_t - (V_1 + V_2 + V_3 + V_4)}{I}$$

Puissance d'une résistance.

La puissance caractérisant une résistance représente la puissance qu'elle peut dissiper sans échauffement excessif.

Connaissant la puissance et la résistance on déduit facilement le courant admissible :

$$I = \frac{P}{R}$$

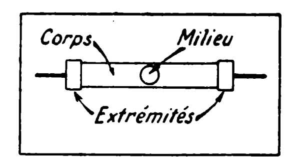
Nous en déduisons que :

Une résistance	peut laisser passer
100 Ω, 1/4 w	50 mA
1 000	15
10 000	5
100 000	1,5
1 MΩ	0,5
100 Ω, 1/2 w	70
1 000	22
10 000	7
100 000	2,2
1 MΩ	0,7
100 Ω, 1 w	100
1 000	31
10 000	10
100 000	3,1
1 MΩ	1
100 Ω, 2 w	142
1 000	45
10 000	14,2
100 000	4,5
1 MΩ	1,4
100 Ω, 5 w	316
1 000	71
10 000	31,6
100 000	7,1
1 MΩ	3,1

Ordre de grandeur des résistances utilisées en radio (avec leurs puissances courantes).

Polarisation grille des lampes HF et détectrice : 5 000 à 50 000 Ω, 1/2 W.
Polarisation grille des lampes de puissance : 100 à 3 000 Ω, 2 à 5 W
Résistance de grille : 100 000 Ω à 10 MΩ, 1/2 W.
Résistance plaque de couplage 30 000 à 250 000 Ω, 1 W.
Diviseur de tension : 1 000 à 100 000 Ω, 2 W.
Résistance de filtre : 500 à 100 000 Ω, 5 W.
Résistance de contre-réaction de tension : 0,5 à 2 MΩ. 1/2 W.
Potentiomètre de contrôle de volume : 0,5 MΩ.

Ancien code américain des couleurs des résistances.



La figure ci-dessus montre comment se fait la disti.bution des couleurs pour se servir du code que l'on trouvera dans le tableau ci-après. Le chiffre correspondant à la couleur du corps représente le premier chiffre de la valeur de la résistance, les extrémités le deuxième chiffre et le milieu le rang décimal.

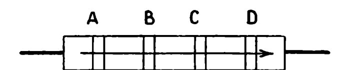
Couleur	Corps	Extrémités	Milieu
Noir	0	0	Aucun
Marron	1	1	0
Rouge	2	2	00
Orangé	3	3	000
Jaune	4	4	0 000
Vert	5	5	00 000
Bleu	6	6	000 000
Violet	7	7	
Gris	8	8	
Blanc	9	9	

Par exemple, une résistance de corps jaune à bout vert et à anneau ou tache marron a une valeur de 450 ohms (4-5-0).

Nouveau code américain de couleurs des résistances.

Couleurs	Chiffre	Multiplicateur	Tolérance %	Tension de surface en volts (x)
Noir	0	1	1	
Marron.	1	10	2	100
Rouge.	2	100	3	200
Orange	3	1 000		300
Jaune.	4	10 000	5	400
Vert	5	100 000	10	500
Bleu.	6	1 000 000		600
Violet	7	10 000 000		700
Gris	8	100 000 000	2,5	800
Blanc.	9	1 000 000 000	5	900
Or.			10	1 000
Argent			20	2 000
Néant				500

Les quatre cercles colorés indiquent dans l'ordre :



A = premier chiffre.
B = second chiffre.
C = multiplicateur.
D = tolérance.

(x) Il faut tenir compte des valeurs indiquées dans la dernière colonne seulement lorsque ce code est utilisé pour les condensateurs.

Résistance en haute fréquence

En raison de l'effet pelliculaire (effet Kelvin) la résistance augmente avec la fréquence des courants.

D'après Mesny :

$$R = R_e \, 2{,}35 \frac{d}{\sqrt{\lambda}}$$

R = résistance à la fréquence considérée.
R_e = résistance en courant continu.
d = diamètre du fil en millimètres.
λ = longueur d'onde en kilomètres.

D'après Bedeau :

$$R = p \, R_e$$

p = coefficient donné par le tableau ci-après.

en mètres	p
50	9,8
75	8
100	6,9
150	5,6
200	4,9
300	4
400	3,5
500	3,3
900	2,5
1 000	2,4
1 400	2
2 000	1,7
5 000	1,2
20 000	1

Pour réduire la résistance en haute fréquence on utilise du fil divisé (ou fil à brins multiples). L'emploi de celui-ci présente un avantage seulement pour les fréquences inférieures à :

$$f = \frac{0{,}255}{d^2 k \sqrt{N}}$$

f = fréquence en kc/s.
d = diamètre en centimètre d'un brin.
N = nombre de brins.

$$k = \frac{d\sqrt{N}}{p}.$$

p = pas de l'enroulement en centimètres.

Le fil divisé ne convient donc pas pour les bobinages ondes courtes. En revanche il doit être employé pour tous les enroulements de transformateurs moyenne fréquence.

Effet de proximité.

La résistance en haute fréquence d'un fil rectiligne est plus faible que celle d'un fil identique mais bobiné, car chaque spire se trouve soumise au champ de la spire suivante. Cet effet est d'autant plus important que les spires sont voisines. Il est environ 3,5 fois plus grand pour les spires jointives que pour les spires séparées par un espace correspondant à cinq fois le diamètre du conducteur.

Bruit de fond.

Pour une température ambiante de 17°C la tension de bruit produite par une résistance est donnée par la formule :

$$E = 0{,}004 \sqrt{R \Delta f}$$

E = tension en microvolts.
R = résistance en ohms.
Δf = bande passante considérée en kc/s.

Les condensateurs en radioélectricité

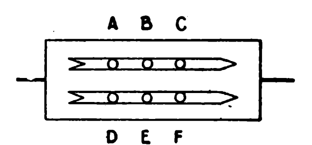
Principaux types de condensateurs utilisés en radio.

Type	Diélectrique	Utilisation
C. variable 100 à 500 pF	Air	Accord ou réaction
C. ajustable : Trimmer q.q.pF Padding 1000 à 3000 pF	Air	Alignement
C. fixe 50 pF	Mica	Grille oscillatrice
C. fixe 250 à 500 pF	Mica	Antenne, liaison HF ou détection
C. fixe 8 000 à 100 000 pF	Papier	Liaison BF
C. fixe 0,5 à 1 μF	Papier	Découplage résistances écran et polarisation HF
C. fixe électrolytique sec 10 à 50 μF	Pellicule gazeuse	Découplage résistances polarisation BF
C. fixe électrolytique sec 25 à 100 μF	Pellicule gazeuse	Filtrage du courant anodique (tous courants)
C. fixe électrolytique 8 à 32 μF	Pellicule gazeuse	Filtrage du courant anodique (de l'ordre de 250 V).
C. fixe 1 à 10 μF	Papier	Filtrage courant HT
C. fixe 0,5 à 5 μF à bain d'huile	Papier	Filtrage courant très haute tension
C. fixe de quelques pF à plusieurs mililers de pF	Mica	Télévision Matériel professionnel

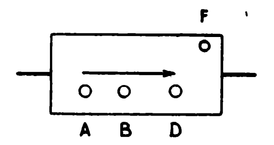
Code américain des condensateurs.

Les couleurs correspondent comme valeurs au code des résistances (voir page 70).

Le sens de lecture est indiqué par une flèche.



A = premier chiffre.
B = seconde chiffre.
C = troisième chiffre.
D = multiplicateur.
E = tolérance.
F = tension de service.



Certains condensateurs ne comportent que trois points correspondant à A, B, D (premier chiffre, deuxième chiffre et multiplicateur). Lorsque la tension de service est différente de 500 V, un quatrième point (F) est ajouté.

Courant de fuite des condensateurs électrolytiques.

Le courant de fuite en fonction de la tension de service ne doit pas être supérieur :

de 0 à 50 V : 0,2 + (0,01 × C) en mA
de 51 à 350 V : 0,3 + (0,02 × C) en mA
de 351 à 500 V : 0,4 + (0,04 × C) en mA

Les condensateurs en haute fréquence

Un condensateur ne présente pas une capacité pure, il équivaut à une capacité en série avec une résistance R et en parallèle avec une résistance R_1, R_1 est négligeable en haute fréquence, par contre R qui représente les pertes dans le diélectrique provoque une perte de puissance notable en fonction de la fréquence, du fait du déphasage entre la tension et le courant.

Pertes diélectriques en haute fréquence.

Elles représentent la quantité d'énergie transformée en chaleur dans les diélectriques à chaque variation du courant.

$P = V^2 \omega k E \, tg\, \alpha$
V = tension,
$\omega = 2 \pi f$,

k = constante dépendant de la forme et des dimensions du diélectrique,
E = constante diélectrique,
$tg\,\alpha$ = déphasage du courant par rapport à la tension.

La tangente α ou **facteur de pertes diélectriques** caractérise le comportement des diélectriques en haute fréquence, le tableau ci-après nous fournit ce facteur à diverses fréquences pour quelques matières isolantes.

Substance diélectrique	$tg\,\alpha$ en 10^{-4}				
	1 Mc/s	12 Mc/s	50 Mc/s	100 Mc/s	200 Mc/s
Chlorure de sodium . . .	—	—	0,2	0,16	0,2
Quartz transparent . . .	1,1	1,1	1,1	1,0	—
Quartz opaque	—	—	1,2	1,1	2
Ufico.	1,7	1,7	1,6	1,6	2
Ultra-Calan	1,1	1,1	1,2	1,1	—
Trolitul	—	—	1,5	1,5	4
Condensa C	—	—	3,8	3,5	—
Condensa F	—	—	—	—	5
Uficalex	18	18	—	18	—
Ebonite.	64	107	120	150	230
Bakélite	160	220	450	500	—
Pertinax	280	720	900	1000	1000

Définitions des caractéristiques auxquelles doivent répondre les condensateurs en haute fréquence

(d'après la norme française C49).

Capacité nominale.

Capacité pour laquelle le condensateur a été construit. Sa valeur est exprimée en picofarads lorsque la capacité est inférieure à 0,1 microfarad et en microfarads lorsqu'elles sont supérieures (tolérance ± 20% pour les capacités inférieures à 50 000 picofarads et 10 % pour les capacités supérieures ou égales à 50 000 picofarads.

Tension maximum d'emploi.

Valeur la plus élevée de la tension continue que le condensateur peut supporter d'une façon permanente sans subir de détérioration.

Tension de perforation.

Valeur de la tension continue la plus faible provoquant le percement du diélectrique.

Angle de pertes.

Complément de l'angle formé par le vecteur représentant la tension aux bornes du condensateur et le vecteur correspondant au courant à travers le condensateur. L'angle de perte s'exprime par sa tangente et doit être mesuré à 1 000 c/s et à 1 Mc/s. La tangente de l'angle de pertes doit être au plus égale à 0,01 pour la fréquence de 1 000 c/s et à 0,1 pour la fréquence 1 Mc/s.

Correspondance entre la tension maximum d'emploi en courant continu et en courant alternatif.

Tension maximum d'emploi en courant continu (Volts)	Tension maximum d'emploi en courant alternatif (Volts)
250	175
500	220
750	300
1 000	400

Correspondance entre la tension maximum d'emploi en courant continu et la tension d'essai en courant alternatif.

Tension maximum d'emploi en courant continu (Volts)	Tension d'essai en courant alternatif (Volts)
250	500
500	1 000
750	1 500
1 000	2 250

La capacitance.

La résistance apparente d'un condensateur au courant alternatif, ou capacitance diminue lorsque la capacité et la fréquence augmentent. Elle est égale à :

$$R \text{ en ohms} = \frac{159\,166}{F \times C}$$

F = fréquence en c/s.
C = capacité en μF.

Pour les faibles capacités utilisées en haute fréquence la formule peut s'exprimer :

$$R \text{ en ohms} = \frac{159\,166\,000}{F \times C}$$

F = fréquence en kc/s.
C = capacité en pF.

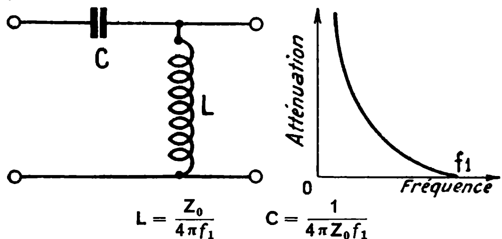
Tableau indiquant la résistance en ohms de condensateurs et inductances en fonction de la fréquence

Capacité en μF.	Fréquence en cycles/sec.			
	50	1 000	150 000	1 500 000
0,001	3 185 000	159 000	1 062	106
0,01	318 500	15 900	106	10,6
0,1	31 850	1 590	10,6	1,06
0,5	6 370	318	2,1	0,21
1	3 185	159	1	0,1
10	318	16	0,1	0,01
Inductance en *m*				
0,01	0,00314	0,063	9,42	94,2
0,1	0,0314	0,63	94,2	942
0,5	0,157	3,14	471	4 710
1	0,314	6,28	942	9 420
10	3,14	62,8	9 420	94 200

Filtres

En radioélectricité il est souvent nécessaire de séparer une fréquence ou une bande de fréquences d'un groupe d'autres. Ce résultat est obtenu au moyen de circuits constitués de condensateurs et bobines d'inductance de valeurs et de disposition opportunes, qui portent le nom de « filtres ». Nous indiquons ci-après les formules pour différents types de filtres et les courbes caractéristiques qu'ils permettent d'obtenir.

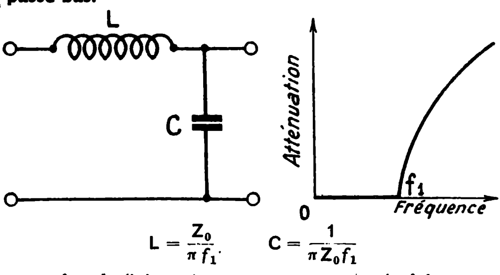
Filtre passe-haut.



$$L = \frac{Z_0}{4\pi f_1} \qquad C = \frac{1}{4\pi Z_0 f_1}$$

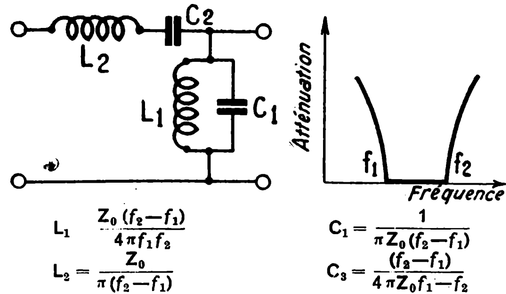
Z_0 = résistance sur laquelle le filtre débite.

Filtre passe-bas.



$$L = \frac{Z_0}{\pi f_1} \qquad C = \frac{1}{\pi Z_0 f_1}$$

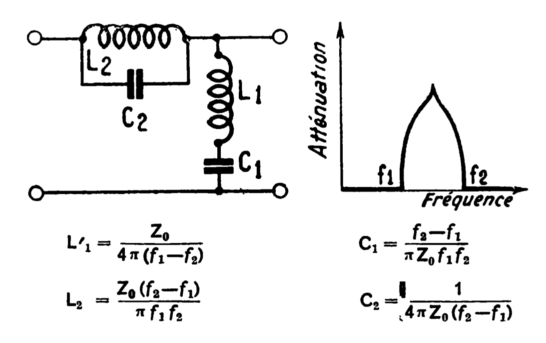
Filtre passe-bande (laissant passer une gamme de fréquences comprise entre f_1 et f_2.



$$L_1 \quad \frac{Z_0\,(f_2-f_1)}{4\pi f_1 f_2} \qquad C_1 = \frac{1}{\pi Z_0 (f_2-f_1)}$$

$$L_2 = \frac{Z_0}{\pi (f_2-f_1)} \qquad C_3 = \frac{(f_2-f_1)}{4\pi Z_0 f_1 - f_2}$$

Filtre à élimination de bande (éliminant une bande de fréquences comprises entre f_1 et f_2).

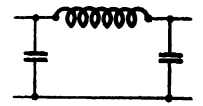


$$L'_1 = \frac{Z_0}{4\pi(f_1 - f_2)} \qquad C_1 = \frac{f_2 - f_1}{\pi Z_0 f_1 f_2}$$

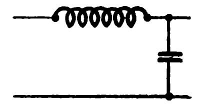
$$L_2 = \frac{Z_0(f_2 - f_1)}{\pi f_1 f_2} \qquad C_2 = \frac{1}{4\pi Z_0 (f_2 - f_1)}$$

Application des filtres passe-bas.

Le courant alternatif du secteur, après redressement, a une ondulation trop importante pour convenir à l'alimentation anodique des tubes, il doit être filtré par une ou deux cellules de filtrage.



Cellule de filtrage en π ou à capacité d'entrée. Elle est constituée d'une bobine de filtrage et de deux condensateurs suivant la disposition ci-dessus.



Cellule de filtrage en L ou à inductance d'entrée. Elle comprend une bobine de filtrage et un condensateur *(figure ci-dessus)*.

Le tableau ci-après résume la disposition et les caractéristiques des filtres suivant différents usages :

Ordre de grandeur des éléments des cellules de filtrage suivant leur utilisation.

Utilisation	Disposition des éléments	Valeur de l'inductance ou de la résistance	Valeur et composition de la capacité
Alimentation basse Tension 6 à 12 V.	en π	0,1 à 0,5 H	2 condensateurs électrolytiques 1 000 à 2 000 μ F.
Alimentation anodique des récepteurs tous courants.	en π	5 à 10 H	2 condensateurs électrolytiques 16 à 32 μ F.
Alimentation anodique des récepteurs alternatifs. .	en π	20 à 50 H	2 condensateurs électrolytiques 8 à 16 μ F.
Alimentation des tubes cathodiques.	en π	50 000 à 100 000 Ω	2 condensateurs au papier 1 à 2 μ F ou condensateurs électrolytiques en série.
Alimentation des amplificateurs de grande puissance et des émetteurs	en L	5 à 20 H (L étant proportionnel à la tension redressée).	1 condensateur au papier (à bain d'huile pour les tensions élevées) de 1 à 10 μ F, (C étant inversement proportionnel à la tension redressée).

Le taux de filtrage, c'est-à-dire le rapport entre la tension résiduelle avant et après filtrage, dépend du produit L C.

L = inductance en henrys de la bobine de filtrage.

C = capacité en microfarads du condensateur.

Cette valeur doit être d'autant plus élevée que le nombre de festons n par période est grand.

Pour un redresseur monophasé 1 alternance $n = 1$.
— — — 2 alternances $n = 2$.
— — triphasé 1 alternance $n = 3$.
— — — 2 alternances $n = 6$.

Dans le cas le plus fréquent — redressement par valve biplaque d'un courant monophasé — et pour une alimentation en courant alternatif 50 c/s. Le taux de ronflement se détermine avec une exactitude suffisante de la formule simplifiée ci-après :

$$\text{Taux de ronflement \%} = \frac{256}{LC}$$

Avec deux cellules :

$$\text{Taux de ronflement \%} = \frac{256}{L_1 C_1 L_2 C_2}$$

Le taux de ronflement admissible pour une réception correcte est de 0,5 % et doit être de 0 1 % si le filtrage demande à être particulièrement soigné.

Les tubes électroniques utilisés en radioélectricité

Un tube électronique est constitué par une ampoule de verre où règne le vide et dans laquelle se trouvent différentes électrodes :

une cathode et une anode pour une **diode**
une cathode, une anode et une grille pour une **triode**,
une cathode, une anode et deux grilles pour une **tétrode**,
une cathode, une anode et trois grilles pour une **penthode**,
une cathode, une anode et quatre grilles pour une **hexode**,
une cathode, une anode et cinq grilles pour une **heptode**,
une cathode, une anode et six grilles pour une **octode**.

Caractéristiques statiques d'un tube électronique.

Le fonctionnement d'un tube est mis en évidence par ses courbes caractéristiques.

Courbes caractéristiques d'une triode :

1. **Caractéristique grille**. — Valeur de I_a en fonction de V_g

2. **Caractéristique plaque**. — Valeur de I_a en fonction de V_a.

3. **Pente de la caractéristique** ou rapport entre la variation du courant anodique I_a et la tension V_g engendrant cette variation

$$\text{Pente } (p) = \frac{I_a}{V_g}$$

Elle s'exprime en milliampères/volt.

Dans les lampes courantes la pente varie de 1 à 8 m A/V.

On désigne aussi cette caractéristique par le terme » transconductance » et on l'exprime en micromhos (10^{-6} du mho unité de conductance).

4. Résistance interne.

Cette résistance correspond à un état donné du tube et varie suivant e point de fonctionnement considéré. Elle est désignée par R_i ou la lettre grecque ρ et représente le rapport entre l'accroissement de la tension anodique V_a et la variation correspondante du courant anodique I_a pour une valeur de tension grille fixe.

$$R_i = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a}$$

5. Coefficient d'amplification.

Il est désigné par les lettres K ou μ et représente le quotient entre l'accroissement de la tension anodique V_a et la variation de la tension grille V_g provoquant cette augmentation pour une tension anodique fixe.

$$K = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g}$$

Relation entre la pente, le coefficient d'amplification et la résistance interne.

$$p = \frac{K}{R_i}$$

Caractéristiques dynamiques d'un tube électronique.

Si une résistance R_a est branchée dans le circuit d'anode d'une triode la caractéristique statique ne peut plus servir il faut utiliser la caractéristique dynamique, dont la pente S_d est donnée par la relation :

$$S_d = S \frac{R_i}{R_i + R_a}$$

Fonctions des tubes électroniques

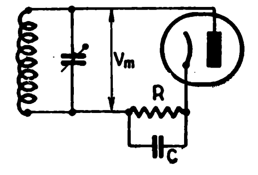
Détection

La détection est l'opération servant à faire apparaître la modulation d'un signal en éliminant le courant à haute fréquence.

Détection diode.

Cas des signaux forts.

Formules pratiques indiquant la résistance d'amortissement R_d introduite dans le circuit oscillant du fait de la détection, et la tension continue ΔV résultant de la détection.



$$R_d = \frac{1}{2} R$$

$$\Delta V = - V_m$$

V_m = tension modulée appliquée au détecteur.

Cas des signaux faibles $< 0,3$ **V**

$$R_d = \frac{1}{2} \frac{V_m}{V} \times R$$

$$\Delta V = K V_m^2$$

Remarque générale.

La capacité C doit être suffisamment élevée pour que le courant haute fréquence soit entièrement dérivé et néanmoins pas trop forte, afin que le courant modulé soit bloqué et se dirige entièrement vers la résistance R. Cette dernière ne doit pas non plus être trop faible et provoquer l'amortissement du circuit.

En résumé, le produit CR devrait être grand pour que la constante de temps, qui est égale à CR, soit élevée, mais par ailleurs il faudrait qu'il soit petit en considérant la fréquence acoustique à reproduire.

Amplification

En faisant varier la tension grille d'un tube triode il est possible de commander le courant anodique. La triode représente ainsi un relais amplificateur n'absorbant aucune énergie.

Amplificateur de tension.

Amplification à résistance. — L'amplification en volts K′ ou en d'autres termes, le rapport entre la tension d'entrée et la tension de sortie d'un étage à résistance porte le nom **de gain** et s'exprime par la formule suivante :

$$K' = K \frac{R_a}{R_a + R_i}$$

K = coefficient d'amplification du tube.

R_i = résistance interne du tube.

R_a = résistance de charge de l'anode.

Le maximum d'amplification serait donc théoriquement obtenu lorsque R_a serait aussi grand que possible. Mais l'augmentation indéfinie de R_a est impossible afin de ne pas réduire la tension anodique au-dessous des valeurs admises, ou augmenter exagérément la tension d'alimentation.

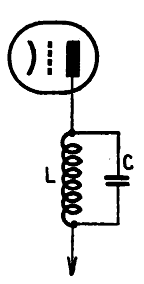
Le montage à résistance est considéré comme apériodique.

La polarisation de la grille peut être obtenue par résistance dans le circuit de la cathode. La valeur de cette résistance R_k est égale à : $\frac{V}{I}$

V = tension en volts de la polarisation grille.

I = intensité en ampères du courant anodique de repos.

Amplification par montage antirésonant.



Au moment de la résonance l'impédance présentée par le circuit oscillant LC est maximum et devient égale à :

$$Z = \frac{L}{Cr}$$

r = résistance du circuit oscillant.

L'amplification au moment de la résonance s'exprime par la formule ci-après :

$$K' = \frac{p}{\frac{1}{Z} + \frac{1}{R_i}}$$

Le montage anti-résonant fournit une amplification sélective.

Amplificateur de puissance.

Le relais doit fournir une puissance aussi importante que possible à l'utilisation (haut-parleur) insérée dans le circuit plaque.

L'amplification maximum, pour une tension d'entrée faible, est égale à :

$$W_{max} = \frac{1}{8}\frac{K^2}{R_i}u^2 = \frac{1}{8}K p u^2$$

Le gain en ampères (A) d'un tube est donné par la formule :

$$A = \frac{K}{R_a + R_i}$$

Puissance modulée.

$$W_0 \text{ en watts } = \frac{1}{2}\left(\frac{\mu \Delta u_m}{R_a + R_i}\right)^2 R_a$$

Δu_m = tension maximum qu'il est possible d'appliquer à la grille de commande sans engendrer de la distorsion.

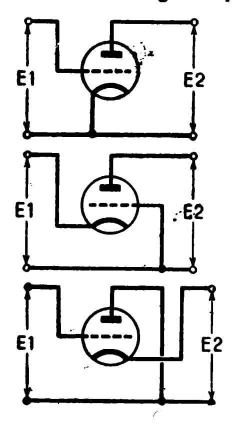
On admet que la puissance modulée maximum sans distorsion fournie par une triode, est égale à :

$$\frac{V_0^2}{16 R_i}$$

V_0 = tension de l'alimentation anodique.



Différents montages amplificateurs.



1) **Amplificateur avec retour par la cathode,** latension d'entrée est appliquée entre grille et cathode et la tension de sortie prise entre anode et cathode.

2) **Amplificateur avec retour par la grille,** la tension d'entrée est appliquée entre cathode et grille et la tension de sortie prise entre anode et grlile.

3) **Amplificateur avec retour par la plaque** (cathode follower) la tension d'entrée est apppliquée entre grille et plaque et la tension de sortie prise entre cathode et plaque.

Oscillation

Les oscillations dont un circuit oscillant est le siège peuvent être entretenues par une lampe montée en oscillatrice.

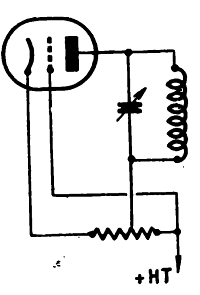
La période des oscillations est égale à :

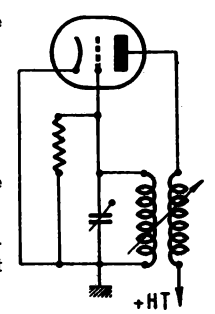
$$T = 2\pi\sqrt{LC} \times \frac{1}{\sqrt{1+\frac{R_a}{R_i}}}$$

Circuit oscillant dans la plaque (dynatron).

Conditions d'entretien des oscillations.

$$\frac{1}{\frac{L}{C}\left[R_a + \sqrt{\frac{4L}{C}}\right]} < |R_i| < \frac{L}{CR}$$





Circuit oscillant dans la grille et couplage grille-plaque.

Condition d'entretien des oscillations

$$KM = L + C\,R_a\,R_i$$

M = induction mutuelle entre inductances de grille et de plaque.

Cette condition d'entretien s'applique également aux montages Hartley ou dérivés, et électron-coupled (ECO).

Émission

Puissance d'une station émettrice.

$$W = R\,I^2_{eff}$$

R = résistance de l'antenne.
I = intensité à la base de l'antenne.

Radiance ($\mathcal{R}$)

$$(\mathcal{R}) = \frac{160\,\pi^2\,h}{\lambda^2}$$

g = hauteur effective de l'antenne.
λ = longueur d'onde.

Hauteur effective d'une antenne verticale :

$$h = \frac{2}{\pi}\,l$$

l = longueur de l'antenne.

Hauteur effective d'une antenne en nappe horizontale.

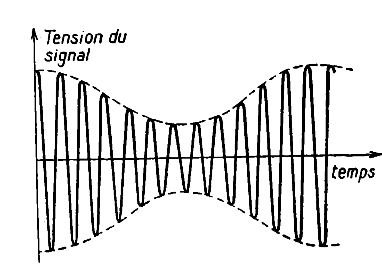
$$h = H$$

H = hauteur de la nappe.

Rendement d'un émetteur.

$$\frac{\mathcal{R}\,I^2_{eff}}{R\,I^2_{eff}} = \frac{\mathcal{R}}{R}$$

Modulation



L'onde porteuse de pulsations ω fournie par un émetteur est représentée par une tension :

$$e = A \cos(\omega t + \Phi)$$

Ses caractéristiques peuvent être modifiées en agissant :

Sur A ce qui correspond à la modulation d'amplitude;

Sur ω (modulation de fréquence ;

Sur Φ (modulation de phase).

Modulation d'amplitude. (AM)

Dans la modulation d'amplitude l'onde a une fréquence fixe, mais son amplitude varie suivant la bande des fréquences acoustiques à transmettre.

Le **taux de modulation** représente le rapport entre l'amplitude de l'enveloppe et l'amplitude de l'onde porteuse. Si :

a = l'amplitude constante de l'onde porteuse,

b = l'amplitude de l'enveloppe représentant la modulation, c'est-à-dire l'oscillation basse fréquence superposée à l'onde porteuse, le taux de modulation k s'exprime par :

$$k = \frac{b}{a}$$

Lorsque $b = a$, la modulation est de 100 %.

Une onde entretenue modulée peut être considérée comme la somme algébrique de trois ondes entretenues :

Une onde porteuse d'amplitude a, dont l'expression est :

$$a \sin \Omega t$$

Deux ondes latérales d'amplitude égale à ka et de fréquences respectives :

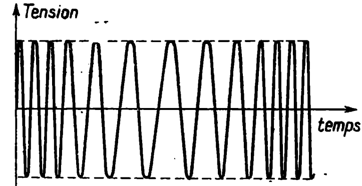
$$\frac{\Omega - \omega}{2\pi} \quad \text{et} \quad \frac{\Omega + \omega}{2\pi}$$

et exprimées par les équations ci-après :

$$\frac{ak}{2} \cos(\Omega - \omega)t \quad \text{et} \quad \frac{ak}{2} \cos(\Omega + \omega)t.$$

Modulation de fréquence. (FM)

La modulation en fréquence consiste à faire varier une fréquence moyenne de départ suivant les impulsions du courant modulé.



La variation périodique de la fréquence peut être obtenue grâce à une variation périodique de l'auto-inductance indépendante ou de la capacité d'un circuit oscillant.

Pour une variation extrêmement petite de la capacité on obtient :

$$\Delta f = \frac{\Delta C}{4 \pi \sqrt{L C^3}}$$

et pour l'auto-inductance :

$$\Delta f = \frac{\Delta L}{4 \pi \sqrt{L^3 C}}$$

La largeur de la bande occupée par une onde modulée en fréquence est sensiblement égale à :

$$2 (m + 1) \times F$$

m = l'indice de modulation.
F = la fréquence maximum du signal à transmettre.

Une émission en modulation de fréquence occupe une large bande c'est pourquoi ces émissions sont faites en ondes très courtes. La gamme d'onde réservée à ces émissions se situe entre 87,5 et 100 Mc/s soit 3 à 3,43 m.

Le canal alloué à chaque émetteur est de 200 kc/s. Cependant l'amplitude maximum de déviation ne correspond qu'à 75 kc/s de part et d'autre de la fréquence fondamentale car une marge de sécurité est prévue, la gamme des fréquences reproduites va ainsi de 30 à 15 000 c/s.

Avantages de la modulation de fréquence.

Par rapport à la modulation d'amplitude les avantages sont :
Reproduction étendue de la bande de fréquences.
Limitation des parasites ;
Meilleure reproduction de la dynamique orchestrale ;

Bruit de fond réduit (il est $\frac{D\sqrt{3}}{f}$ plus petit qu'en modulation d'amplitude, D représentant la déviation maximum).

Complications apportées aux récepteurs

Les récepteurs pour la modulation de fréquence doivent comporter des dispositifs spéciaux : convertisseur de fréquence additif, détecteur de rapport ou discriminateur pour transformer avant la détection du

signal, les variations de la fréquence de l'onde FM en variations d'amplitude susceptibles d'attaquer l'amplificateur BF. Les étages amplificateurs à fréquence intermédiaire ont des transformateurs accordés généralement sur 10,7 Mc/s.

Les antennes sont réalisées suivant le même principe que les antennes de télévision.

Piézoélectricité

On sait que des charges électriques apparaissent sur les faces de certains cristaux lorsqu'une force mécanique s'exerce sur une de leur direction et qu'inversement, un courant électrique est susceptible de provoquer la déformation d'un cristal. Ces phénomènes sont dus à l'**effet piézoélectrique** qui se manifeste plus particulièrement sur le quartz, la tournaline et le sel de Seignette.

Comprimée une lamelle de cristal oscille. D'autre part en raison de l'effet piézoélectrique, le cristal soumis à un champ électrique variable, entre également en oscillation. Lorsque les deux fréquences coïncident il y a **résonance.**

La fréquence des oscillations d'un cristal de taille normale est de l'ordre dans le sens de l'épaisseur *(e)*, de :

pour le quartz : $f = \frac{2\,750}{e}$ kc/s (Mesny)

ou $f = \frac{2\,860}{e}$ kc/s (Palmans)

Pour le quartz à 41°C : $f = \frac{2\,490}{e}$ kc/s

Pour le quartz à 125°C : $f = \frac{1\,650}{e}$ kc/s

Pour la tournaline : $f = \frac{3\,750}{e}$ kc/s

Données numériques d'une lame de quartz de caractéristiques moyennes pour oscillateur.

Epaisseur : 0,636 cm.
Largeur : 3,33 cm.
Longueur : 2,75 cm.
Fréquence de résonance : 430 kc/s.
Caractéristiques du circuit électrique équivalent représenté par la figure ci-contre.

$L = 3{,}3$ H.
$C = 0{,}042$ pF.
$C_1 = 5{,}8$ pF.
$R = 4\,500\ \Omega$,
$Q = \frac{\omega L}{R} = 2\,300$.

A température stable la fréquence d'un oscillateur à quartz est rigoureusement constante. Intercalé dans le circuit d'un tube électronique il constitue un **maître oscillateur,**

Fréquence d'antirésonance d'un quartz : $\omega_1^2 = \frac{1}{CL}\left(1 + \frac{C}{C_1}\right)$

Fréquence de résonance : $\omega_0^2 = \frac{1}{CL}$

Rapport entre les deux fréquences : $\frac{\omega_1^2}{\omega_0^2} = 1 + \frac{C}{C_1}$

Codes pour la désignation des tubes radio

Code des anciens tubes « Miniwatt ».

La désignation des tubes des anciennes séries comprend une lettre suivie de trois ou de quatre chiffres. La lettre indique la valeur de l'intensité du courant de chauffage, le premier ou les deux premiers chiffres donnent la tension de chauffage et les autres chiffres représentent, pour les triodes, le coefficient d'amplification.

Les diverses significations de la lettre sont les suivantes :

A = courant de chauffage de 0,06 à 0,10 A.
B = — 0,10 à 0,20 A.
C = — 0,20 à 0,40 A.
D = — 0,40 à 0,70 A.
E = — 0,70 à 1,25 A.
F = — 1,25 A et plus.

Exemple : E. 415.

Il s'agit donc d'un tube consommant au filament un courant compris entre 0,70 et 1,25 A. (lettre E), chauffé sous une tension de 4 V (premier chiffre 4) et dont le coefficient d'amplification est de 15 (deuxième chiffre 1, troisième chiffre 5).

Ce système de désignation était très pratique à l'époque de sa création, car il n'y avait guère alors que des triodes, mais dès l'apparition des tubes plus complexes, tels que les tétrodes, penthodes, hexodes ; heptodes et octodes, il s'est révélé très insuffisant. C'est alors que fut imaginé le système suivant, toujours en vigueur à l'heure actuelle.

Code européen.

Le numéro de type des tubes récepteurs se compose de deux ou trois lettres suivies d'un ou de plusieurs chiffres.

La première lettre indique la série à laquelle appartient le tube, la seconde et éventuellement la troisième, le genre de tube dont il s'agit, e ou les chiffres constituant un numéro de série.

Les diverses significations de la première lettre sont les suivantes :

A = 4 V.
C = 200 mA.
D = 1,4 V (tube alimenté par batterie).
E = 6,3 V.
G = 5 V.

K = 2 V (tube alimenté par batterie).
O = Semi-conducteur.
P = 300 mA.
U = 100 mA.
Z = Cathode froide.

Les diverses significations de la seconde et éventuellement de la troisième lettre sont les suivantes :

A = diode.
B = double diode.
C = triode amplificatrice, détectrice ou oscillatrice.
D = triode BF de puissance.
E = tétrode.
F = penthode HF.
H = hexode ou heptode.
K = octode.
L = penthode BF de puissance.
M = indicateur d'accord.
P = tube avec dispositif à émission secondaire.
Q = nonode.
T = divers.
X = tube redresseur biplaque à atmosphère gazeuse.
Y = tube redresseur monoplaque à vide.
Z = tube redresseur biplaque à vide.

Les chiffres qui suivent les lettres forment des groupes désignant le mode d'exécution du tube. Dans un même groupe les différents chiffres représentent simplement un numéro d'ordre.

0 à 10 = tubes à électrodes pincées, contacts latéraux.
20 à 30 = tubes clé.
30 à 40 = tubes à électrodes pincées, culot octal.
40 à 50 = tubes Rimlock.
60 à 80 = tubes subminiatures.
80 à 90 = tubes Noval.
90 à 100 = tubes miniatures.

Par exemple le tube EBF80

est chauffé sous 6,3 V. . . . . E
comporte une double diode.. . . . . B
comporte une penthode. . . . . F
est de la série Noval 80

Tubes stabilisateurs de tension au néon

Il existe également un code pour la désignation des tubes stabilisateurs de tension. Le numéro de type de ces tubes comprend un ou plusieurs chiffres suivis d'une lettre, cette dernière étant elle-même suivie d'un chiffre et quelquefois d'une lettre.

Le ou les premiers chiffres désignent la tension moyenne stabilisée exprimée en volts ; la lettre indique l'intensité maximum pour laquelle le tube est conçu,

Les diverses significations de la première lettre sont les suivantes :

A = intensité de 0 à 8 mA maximum.
B = — 8 à 20 mA —
C = — 20 à 40 mA —
D = — 40 à 100 mA —
E = — 100 à 200 mA —

Le chiffre suivant caractérise la série du type.
La seconde lettre indique l'embase du tube (lorsqu'elle existe).

E = culot Edison.
K = embase octal huit broches.
P = embase P à contacts latéraux.

Par exemple le tube 150 C1K est prévu pour une tension stabilisée de 150 V (premier nombre 150) et une intensité maximum de 40 mA (lettre C) ; il est de la série 1 (1) et avec embase octal (K).

Code pour la désignation des tubes américains

1. Un **chiffre préfixe** se rapportant à la tension de chauffage (en nombre entier).

2. **Une ou deux lettres** suivant le premier chiffre et ayant la signification ci-après :

A = amplificatrice.
B = double diode penthode.
C = triode penthode à haute fréquence.
D = penthode à pente variable.
E = indicateur visuel d'accord.
F = triode ou penthode ou triode-penthode.
AF = indicateur visuel d'accord.
G = —
H = double diode.
J = penthode amplificatrice à haute fréquence.
K = penthode à pente variable pour haute fréquence.
L = tétrode de puissance.
N = double triode.
Q = double diode-triode.
R = double diode-triode.
TH = triode-hexode.
V = tétrode de puissance.
X ou Y ou Z : valve biplaque.

3. **Un chiffre suffixe** indiquant le nombre de sorties en liaison avec es électrodes.

4. **Une ou deux lettres finales** indiquant le mode de construction :

G = lampe à ampoule de verre.
MG = lampe à ampoule « métal-verre ».
GT = lampe à ampoule de verre, de dimensions plus petites que la lampe G correspondante.

Les tubes métalliques normaux ne comportent pas de lettres finales.

Liste alphabétique des abréviations utilisées pour les tubes électroniques

A — ampère.
A′ — amplification (v_s/V_e).
a — anode.
Å — angström.
BF — basse fréquence.
C — capacités, exprimées en pF.
c. I. — connexion interdite.
C_r — condensateur de redressement.
c/s — cycles par seconde.
D — distorsion totale (en %).
Dét. — détectrice.
dir. — direct (chauffage —).
env. — environ.
év[t] — éventuellement.
FI — fréquence intermédiaire (MF sur fréquence élevée).
h — hexode.
HF — haute fréquence.
I_a — courant anodique, exprimé en mA.
I_{ao} — courant anodique au repos, exprimé en mA.
I_a max. — courant anodique maximum, exprimé en mA.
I. c. — interdiction de connecter (= c. i.).
I_d — courant de diode, exprimé en mA.
I_e — courant d'écran (indicateurs d'accord).
I_f — courant de filament, exprimé en A.
I_{g2} — courant de la grille 2, exprimé en mA.
I_{g3}, I_{g4}, I_{g5} — courant des grilles 3, 4, 5, respectivement.
I_{g2+4} — courant des grilles réunies 2 et 4.
I_gT — courant de grille d'une triode oscillatrice (μA).

I_k — courant cathodique, exprimé en mA.
ind. — indirect (chauffage —).
I_r — courant redressé, exprimé en mA.
K — coefficient d'amplification.
k — cathode.
*k*Ω — kilohm (= 1000 Ω).
lu — lumen.
L max. — longueur totale max. (en mm.).
m — masse ou blindage interne (= s).
mA — milliampère.
mA/V — milliampère par volt (pente).
max — maximum.
MF — moyenne fréquence.
min — minimum.
mm/V — millimètre par volt (sensibilité de la déflexion).
MΩ — mégohm.
mV — millivolt.
n — Rapport de transformation.
N_1 — Sensibilité des plaques de déviation les plus rapprochées de la cathode (mm/V).
N_2 — Sensibilité des plaques de déviation les plus rapprochées de l'écran (mm/V).
Nov — NOVAL (Embase).
opt — optimum.
p — pointe (valeur de —).
P_a — puissance dissipée sur l'anode (watt).
pF — picofarad (Farad. 10^{-12}.
P_s — puissance de sortie (watt).
R_a — résistance d'anode pour charge optimum. Pour les tubes en push-pull, R_a s'entend d'anode 1 à anode 2. (Pour les tubes de puissance l'impédance d'anode opt. est notée Z).
R_{g1} — résistance du circuit de la grille 1.
$R_{g2...3...4}$ — résistance du circuit de la grille (2 ou 3 ou 4).
R_k — résistance de cathode. Pour les tubes en push-pull, R_k s'entend pour les deux tubes,

R_{kf} — résistance entre filament et cathode.
RL — résistance de l'inductance de filtre.
R_p — résistance du primaire du transformateur.
R_s — résistance d'un secondaire du transformateur.
R_t — résistance apparente du transformateur ($R_t = R_s = n^2 R_p$).
S — pente [mA/V].
s — blindage interne ou masse (= m).
S_c — pente de conversion.
S_o — pente de triode oscillatrice pour $V_g = V_{OSC} =$ zéro V
T — triode.
V — volt.
V_a — tension de l'anode [V].
V_b — tension de la source [V].
$V_{d\ inv\ p}$ — tension de diode, inverse, de pointe.
V_e — tension d'entrée [V].
V_f — tension de chauffage [V].
V_{g1} — tension de la grille 1 [V].
V_{g2+g4} — tension unique des grilles 2 et 4 [V].
V_{inv} — tension inverse.
V_{kf} — tension entre filament et cathode [V].
V_{osc} — tension d'oscillation [V_{eff}].
V_s — tension de sortie.
V_{tr} — tension aux bornes du transformateur [V_{eff}].
W — watt.
Z — impédance de charge.
Φ max. — diamètre maximum [mm].
μA — microampère.
μA/lu — microampère par lumen.
Ω — ohm.
ρ — résistance interne.
θ. — angle du secteur d'ombre en degrés. (Indicateurs d'accord).

Acoustique

Le son

Le son résulte d'un mouvement vibratoire, il se caractérise par son **intensité** et sa **hauteur** pour les sons purs et en plus par son **timbre** pour les sons complexes.

L'intensité représente l'énergie de l'onde sonore et s'exprime en watts par cm^2.

La hauteur du son varie comme la fréquence. Elle est donnée en périodes par seconde.

Diapason normal, ou la_3 = 435 périodes par seconde.

L'effet produit sur notre oreille par un son est une grandeur subjective. La sensation sonore est définie par la **loi de Fechner:**

« La sensation croît comme le logarithme de l'excitation ».

Un **son est simple** lorsque le mouvement vibratoire résultant est sinusoïdal et peut se mettre sous la forme ;

$$y = a \cdot \cos (\omega t - \varphi)$$

Interférence

Lorsque deux ondes de même fréquence ou de fréquences voisines se superposent, il se produit le phénomène d'interférence.

Soit deux sons de même fréquence :

$$y = a \cdot \cos \omega t$$
$$y' = b \cos (\omega t - \varphi)$$

φ = le décalage entre les deux ondes.

Lorsque $\varphi = 0$, le son résultant Y est donné par la relation :

$$Y = (a + b) \cos \omega t$$

L'amplitude résultante est égale à la somme.

Lorsque $\varphi = \pi$ nous avons : $\cos (\omega t - \pi)$

d'où $Y = (a - b) \cos \omega t$.

L'amplitude résultante est égale à la différence des amplitudes et dans ce cas lorsque $a = b$ il y a disparition du son.

Battement.

Le battement se produit lorsque deux sources sonores émettent à des fréquences voisines (ce phénomène se manifeste pour toutes les vibrations : radioélectriques, optiques, mécaniques).

Le nombre de battements par unité de temps est égal à la différence de fréquence des vibrations sonores

$$F = f_1 - f_2 \text{ (si } f_1 > f_2\text{)}$$
$$\text{ou } f_2 - f_1 \text{ (si } f_2 > f_1\text{)}$$

Harmoniques.

Les sons émis par la voix et les instruments de musique sont des **sons complexes**. Ils sont constitués d'une oscillation sinusoïdale et d'un ensemble d'oscillations sinusoïdales de fréquences multiples de la première ou **harmoniques**. Suivant que leur fréquence est double, triple ou quadruple de la fréquence fondamentale du son, les harmoniques sont dites de rang, 2, 3, 4, etc.

Vitesse du son.

Les sons ne se propagent pas dans le vide et leur vitesse dans l'air augmente avec la température et est indépendante de la pression atmosphérique. A la température de 0 degré elle est d'environ 331 m. par seconde et à 16 degrés de 341 m.

Le calcul de la vitesse du son dans un gaz se détermine d'après la formule de Laplace :

$$V = 331{,}4 \sqrt{\frac{1 + \alpha t}{d}}$$

V = vitesse en mètres-seconde.
t = température en degrés centigrades.
α = coefficient de dilatation des gaz $\left(\alpha = \frac{1}{273}\right)$
d = densité du gaz.

Le tableau ci-après indique l'espace parcouru par une onde sonore durant une seconde.

Nature du milieu	m/s.
Air à 0°	300
Air à 15°	340
Eau douce	1 435
Eau de mer	1 512
Acier	5 000

Réverbération.

La réverbération dans une salle doit être modifiée pour obtenir la réverbération optimum T

$$T = \frac{KV}{3}$$

V = volume de la salle en m³.
T = temps en secondes.
K = coefficient variable suivant l'utilisation de la salle (0,075 pour conférence, 0,09 pour concert, 0,1 pour musique d'église).

Gammes de reproduction

La gamme des sons audibles s'étend de 20 à 20 000 c/s au maximum. On estime qu'une reproduction de

30 à 10 000 c/s est bonne pour la musique.
100 à 5 000 c/s, passable,
200 à 3 000 c/s, intelligible pour la parole,

On admet une réduction de cette gamme à 300-2 500 c/s dans les liaisons téléphoniques à grande distance.

Puissance sonore de la voix.

Faible : 10 μW.
Moyenne : 2 000 μW.

Puissance sonore de différents instruments.

Orgue : 20 W.
Piano : 0,4 W.
Violon : 0,1 W.

Puissance d'un grand orchestre pendant les « forte » : 50 à 70 W.

Puissance des installations sonores.

La puissance sonore à adopter se détermine d'après les formules empiriques suivantes :

Pour salle de spectacle.

$$W = 0{,}005 \times n \times K.$$

n = nombre de places prévues dans la salle.
K = coefficient variable avec la nature du son, il est de :
1 à 2 pour la parole;
2 à 3 pour la musique dans une salle silencieuse;
3 à 5 pour la musique dans une salle bruyante.

Pour plein air.

$$W = \frac{\text{superficie en m}^3}{20}$$

On estime que pour être entendu d'une masse dense d'auditeurs il faut au moins 3 W par millier d'auditeurs.

Distorsions du son.

Ces distorsions sont :

la **distorsion non linéaire** ou distorsion d'amplitude qui est généralement comprise entre 2 et 5 % pour les reproductions correctes ;

la **distorsion linéaire** on distorsions de fréquence, concrétisée par la courbe de réponse ;

la **distorsion de phase ;**

la **distorsion de la dynamique**, c'est-à-dire du contraste musical entre sons faibles et forts.

Bels et décibels.

Les sons sont classés les uns par rapport aux autres d'après le logarithme décimal de leurs intensités respectives.

L'affaiblissement ou l'augmentation d'un son se traduit ainsi par un nombre sans dimension donnée, au moyen d'une unité logarithmique

spéciale : le **bel** (B), dont le sous-multiple est le **décibel** (dB) 1 B = 10 dB.

Le gain entre deux puissances est égal à :

$$10 \log \frac{P_1}{P_2} \text{ en décibels}$$

A noter que les décibels servent également à définir le gain d'un amplificateur.

Avec une résistance de charge identique, le gain peut être évalué en partant d'une mesure des tensions V_1 et V_2.

$$P_1 = \frac{V_1^2}{R} \quad \text{et} \quad P^2 = \frac{V_2^2}{R}$$

$$\text{Gain} = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P^2} = 10 \log_{10} \frac{V_1^2}{V_2^2} = 20 \log \frac{V_1}{V_2}$$

ou d'une mesure des intensités I_1 et I_2

$$\text{Gain} = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P} = 10 \log \frac{R\,I_1^2}{R\,I_2^2} = 20 \log \frac{I_1}{I_2}$$

Népers et décinépers.

On utilise aussi comme unité de transmission sonore le **néper** (N p) et son sous-multiple, le **décinéper** (d N p) (1 néper = 10 décinépers).

$$\text{Gain} = 5 \log_e \frac{P_1}{P_2} \text{ en décinépers}$$

1 néper = 0,8686 bel 1 bel = 1,151 néper

Phone.

L'oreille n'a pas la même sensibilité sur toute la gamme des fréquences audibles. Pour obtenir, l'indication précise concernant une sonoritè il faut qu'elle soit rapportée à une certaine fréquence. Ceci a donné lieu à une autre unité, **le phone**, qui correspond à un décibel à 1 000 c/s.

Impédance acoustique.

Soit une pression : p
et une vitesse de vibration : V.

$$\text{L'impédance acoustique } Z = \frac{p}{V}$$

L'unité désignant cette grandeur est la **barye-seconde** appelée aussi **microbar.**

Evaluation de l'intensité sonore en décibels.

L'évaluation d'une certaine intensité sonore en décibels ne peut s'effectuer que par rapport à une puissance de comparaison. On choisit généralement l'intensité sonore correspondant au seuil d'audibilité.

Pour donner une idée empirique des décibels nous indiquons qu'une oreille normale peut dans la région moyenne du champ auditif — fixée entre 1024 et 2048 c/s — entendre des bruits d'environ 6 dB.

Le tableau ci-après nous donne l'évaluation approximative en décibels de différents bruits.

Nature du bruit	dB
Voix chuchotée	10
Voix de conversation à 3 m	30
Moteur d'aspirateur	50
Voix de conversation à 1 m	60
Bruit de rue animée	70
Grand orchestre	80
Atelier de mécanique	90
Passage d'un train sous un pont métallique	100
Moteur d'avion à 3 m	120
Atelier de chaudronnerie	120

Le seuil d'audibilité douloureuse se trouve aux environs de 130 dB. Il varie avec la fréquence et la forme du son perçu.

Il convient de noter que l'intensité sonore à obtenir à toutes les places pour une installation sonore dans une salle, doit être de 60 à 70 dB., En plein air il faut admettre un chiffre plus élevé pour dominer le bruit de fond : 85 dB environ.

Les décibels servent aussi à évaluer **les intervalles sonores** ou, en d'autres termes, les différences d'intensité entre les sons les plus faibles et les plus forts (distorsion dynamique).

Par exemple l'intervalle sonore entre les pianissimi et les fortissimi d'un orchestre peut être de 60 à 80 dB. En radiophonie ces intervalles sont seulement de l'ordre de 30 dB d'où utilité des dispositifs « expanseur » dans les récepteurs, pour corriger la compression nécessaire à l'émission pour que les ondes porteuses restent dans des limites susceptibles de ne pas apporter de troubles.

Tableau de conversion des unités de transmission népériennes (népers) et décimales (décibels).

Népers	Décibels	Népers	Décibels
0,1	0,869	5,1	44,299
0,2	1,737	5,2	45,167
0,3	2,606	5,3	46,035
0,4	3,474	5,4	46,904
0,5	4,343	5,5	47,772

Tableau de conversion des unités de transmission népériennes (népers) et décimales (décibels) *(suite)*.

Népers	Décibels	Népers	Décibels
0,6	5,212	5,6	48,641
0,7	6,080	5,7	49,510
0,8	6,949	5,8	50,378
0,9	7,817	5,9	51,247
1,0	8,686	6,0	52,115
1,1	9,554	6,1	52,984
1,2	10,423	6,2	53,853
1,3	11,292	6,3	54,721
1,4	12,160	6,4	55,590
1,5	13,029	6,5	56,458
1,6	13,897	6,6	57,327
1,7	14,766	6,7	58,195
1,8	15,635	6,8	59,064
1,9	16,503	6,9	59,933
2,0	17,372	7,0	60,801
2,1	18,240	7,1	61,670
2,2	19,109	7,2	62,538
2,3	19,978	7,3	63,407
2,4	20,846	7,4	64,276
2,5	21,715	7,5	65,144
2,6	22,583	7,6	66,013
2,7	23,452	7,7	66,881
2,8	24,320	7,8	67,750
2,9	25,189	7,9	68,619
3,0	26,058	8,0	69,487
3,1	26,926	8,1	70,356
3,2	27,795	8,2	71,224
3,3	28,663	8,3	72,093
3,4	29,532	8,4	72,961
3,5	30,401	8,5	73,830
3,6	31,269	8,6	74,699
3,7	32,138	8,7	75,568
3,8	33,006	8,8	76,436
3,9	33,875	8,9	77,304
4,0	34,744	9,0	78,173
4,1	35,612	9,1	79,042
4,2	36,481	9,2	79,910
4,3	37,349	9,3	80,779
4,4	38,218	9,4	81,647
4,5	39,087	9,5	82,516
4,6	39,955	9,6	83,385
4,7	40,824	9,7	84,253
4,8	41,692	9,8	85,122
4,9	42,561	9,9	85,990
5,0	43,430	10,0	86,859

Tableau de correspondance entre les unités de transmission (décibels ou népers), leurs rapports de tensions $\frac{V_1}{V_2}$ ou d'intensités $\frac{I_1}{I_2}$, ou de puissances $\frac{P_1}{P_2}$, et les fonctions hyperboliques (sinus, cosinus, tangentes hyperboliques).

Décibels	Néper = A	$\frac{I_1}{I_2}$ ou $\frac{V_1}{V_2}$	$\frac{P_1}{P_2}$	Sin h A	Cos h A	Tang h A
—	—	—	—	—	—	—
1	0,115130	1,122	1.259	0,115384	1,006635	0,11462
2	0,230260	1,259	1,585	0,23230	1,02663	0,22627
3	0,345390	1,413	1,995	0,35230	1,06024	0,33228
4	0,460520	1,585	2,512	0,47696	1,10793	0,43050
5	0,575650	1,778	3,162	0,60797	1,17031	0,51949
6	0,690780	1,995	3,981	0,74704	1,24823	0,59848
7	0,805910	2,239	5,012	0,89602	1,34270	0,66733
8	0,921040	2,512	6,310	1,05689	1,45500	0,72639
9	1,03617	2,818	7,943	1,23178	1,58660	0,77637
10	1,15130	3,162	10,000	1,42303	1,73925	0,81818
11	1,26643	3,548	12,59	1,63315	1,91498	0,85282
12	1,38159	3,981	15,85	1,86494	2,11613	0,88130
13	1,49670	4,467	19,95	2,12148	2,34535	0,90454
14	1,61182	5,012	25,12	2,40617	2,60570	0,92343
15	1,72695	5,623	31,62	2,72278	2,90062	0,93869
16	1,84208	6,310	39,81	3,07554	3,23403	0,95099
17	1,95721	7,080	50,12	3,46910	3,61035	0,96087
18	2,07234	7,943	63,10	3,90869	4,03458	0,96880
19	2,18747	8,913	79,43	4,40015	4,51236	0,97513
20	2,30260	10,000	100,00	4,95000	5,05000	0,98020
21	2,41773	11,22	125,9	5,56553	5,65466	0,98424
22	2,53286	12,59	158,5	6,25491	6,33434	0,98746
23	2,64799	14,13	199,5	7,02729	7,09808	0,99003
24	2,76312	15,85	251,2	7,89282	7,95592	0,99207
25	2,87825	17,78	316,2	8,86328	8,91951	0,99369
26	2,99338	19,95	398,1	9,95125	10,00137	0,99499
27	3,10851	22,39	501,2	11,17128	11,21595	0,99602
28	3,22364	25,12	631,0	12,53953	12,57934	0,99683
29	3,33877	28,18	794,3	14,07418	14,10966	0,99748
30	3,45390	31,62	1 000,0	15,79558	15,82720	0,99800
31	3,56903	35,48	1 259	17,72658	17,75476	0,99841
32	3,68416	39,81	1 585	19,89281	19,91793	0,99874
33	3,79929	44,67	1 995	22,32298	22,34537	0,99899
34	3,91442	50,12	2 512	25,04940	25,06935	0,99920
35	4,02955	56,23	3 162	28,10819	28,12597	0,99937
36	4,14468	63,10	3 981	31,53990	31,55575	0,999438
37	4,25981	70,70	5 012	35,39017	35,40442	0,999601
38	4,37494	79,43	6 309	39,71007	39,72266	0,999683
39	4,49007	89,13	7 944	44,55694	44,56816	0,999748
40	4,60520	100,00	10 000	49,99500	50,00500	0,999800

Tableau de correspondance entre les unités de transmission (décibels ou népers), leurs rapports de tensions $\frac{V_1}{V_2}$ ou d'intensités $\frac{I_1}{I_2}$, ou de puissances $\frac{P_1}{P_2}$, et les fonctions hyperboliques (sinus, cosinus, tangentes hyperboliques) *(suite)*.

Décibels	Néper = A	$\frac{I_1}{I_2}$ ou $\frac{V_1}{V_2}$	$\frac{P_1}{P_2}$	Sin h A	Cos h A	Tang h A
—	—	—	—	—	—	—
41	4,72033	112,2	12 588	56,0965	56,1054	0,999841
42	4,83546	125,9	15 850	62,9423	62,9502	0,999875
43	4,95059	141,3	19 965	70,6233	70,6304	0,999900
44	5,06572	158,5	25 122	79,2406	79,2469	0,999920
45	5,18085	177,8	31 612	88,9112	88,9167	0,999937
46	5,29598	199,5	39 810	99,7606	99,7655	0,999950
47	5,41111	223,9	50 131	111,9339	111,9384	0,999959
48	5,52624	251,2	63 101	125,5923	125,5963	0,999968
49	5,64137	281,8	79 411	140,9174	140,9209	0,999975
50	5,75650	316,2	100 000	158,1123	158,1155	0,999980
51	5,87163	354,3	125 883	177,5041	177,4079	0,999984
52	5,98676	398,1	158 483	199,0524	199,0549	0,999987
53	6,10189	446,7	199 741	223,3407	223,3429	0,9999901
54	6.21702	501,2	251 201	250,5927	250,5947	0,9999921
55	6,33215	562,3	316 171	281,1699	281,1699	0,9999936

Transformateurs basse fréquence

Les transformateurs basse fréquence doivent être apériodiques entre 30 et 10 000 c/s au minimum.

L'établissement d'un transformateur basse fréquence se fait principalement en fonction du coefficient d'auto-induction primaire Lp ; du coefficient d'auto-induction de dispersion Ld et du rapport de transformation K.

$$Lp = \frac{1{,}25 \times n^2}{\frac{l}{\mu \times s}}$$

n = nombre de tours du bobinage.
μ = perméabilité.
l = longueur de la ligne de force en centimètres.
s = section du noyau en centimètres carrés.

$$Ld = Ldp + Lds\,K^2.$$

Ldp = coefficient de dispersion du primaire.
Lds = coefficient de dispersion du secondaire.

Transformateur de sortie.

Dans un transformateur de sortie le rapport de transformation n est égal à :

$$\sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}$$

Z_1 = Impédance de charge de la lampe finale.
Z_2 = Impédance de la bobine mobile du haut-parleur.

Les sections du circuit magnétique en fonction de la puissance de sortie sont données ci-après :

Puissance en watts	Section en cm²
—	—
3	3,5
5	4,5
10	6,3
15	7,8
20	9
25	10
30	11
50	14,2

Amplification d'un transformateur BF.

En négligeant les pertes l'amplification théorique d'un transformateur BF est égale au rapport de transformation, c'est-à-dire à :

$$\frac{V_1}{V_2} \text{ ou } \frac{n_1}{n_2} = n \text{ (} n \text{ n'est jamais supérieur à 10).}$$

Le gain d'amplification en volts en fonction de la lampe qui précède le transformateur (dont le primaire est inséré dans le circuit plaque) est égal à :

$$K n = G$$

Résultats du couplage du transformateur de sortie en fonction de l'étage final.

Caractéristiques de l'étage final	Impédance de charge optima	Rendement	Puissance de sortie
1 triode	$2 R_i$	25 %	$1/4\ V_a\ I_a$
1 penthode	$\frac{V_a}{I_a}$	50 %	$1/2\ V_a\ I_a$
2 triodes en parallèle	R_i	25 %	$1/2\ V_a\ I_a$
2 penthodes en parallèle. . . .	$\frac{V_a}{2\ I_a}$	50 %	$V_a\ I_a$
2 triodes « push-pull » classe A	$2 R_i$	25 %	$1/2\ V_a\ I_a$
2 penthodes « push-pull » cl. A	$\frac{V_a}{I_a}$	50 %	$V_a\ I_a$
2 triodes « push-pull » cl. AB...	R_i	39,3 %	$1/8 V_a I_a (max)$
2 penthodes « push-pull » cl. AB	$\frac{V_a}{I_a\ (max)}$	78,5 %	$1/2 V_a I_a (max)$

R_i = résistance interne du tube.
V_a = tension anodique.
I_a = courant anodique.

Amplificateurs à réaction négative ou contre-réaction.

Si nous appelons V la tension d'entrée d'un amplificateur, V la tension de sortie et A l'amplification de tension nous avons la relation ci-après :

$$V_s = A\,V_e$$

nous pouvons aussi poser :

$$I_s = G\,I$$

G = la transconductance dynamique.

D'autre part on sait qu'il existe deux cas de contre-réaction, la tension de contre-réaction pouvant être proportionnelle à V_s ou I_s (contre-réaction de tension ou d'intensité).

D'où les égalités ci-après, caractérisant les amplificateurs à contre-réaction :

$$V_s = A\,(V_e + \beta\,V_e)$$
$$I_s = G\,(V_e + \gamma\,I_e)$$

où β = le rapport potentiométrique du circuit de réaction.
γ = impédance de réaction.

En résolvant ces équations nous pouvons écrire :

$$V_s = \frac{A}{1 - \beta A}\,V_e$$

$$I_s = \frac{G}{1 - \gamma G}\,V_e$$

A′ et G′ représentant l'amplification résultant, de l'application de la contre-réaction nous avons :

$$A' = \frac{V_s}{V_e} = \frac{A}{1 - \beta A}$$

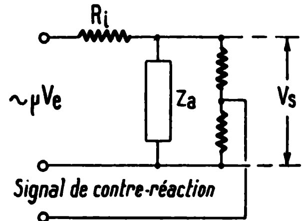
$$G' = \frac{I_s}{V_e} = \frac{G}{1 - \gamma G}$$

Si βA et γG sont négatifs nous avons respectivement en définitive :

$$A' = \frac{G}{1 + \beta A}$$

$$G' = \frac{G}{1 + \gamma G}$$

Si l'on considère le circuit équivalent ci-contre l'amplification avec application de contre-réaction de tension est égale à :



$$A' = \frac{\frac{\mu}{1 + \beta\mu} Z_a}{\frac{R_i}{1 + \beta\mu} + Z_a}$$

Haut-parleurs

Le haut-parleur a pour rôle de rayonner de l'énergie sonore. Il doit le faire avec le rendement maximum.

Rendement.

Le rendement électrique ou rapport entre la puissance de sortie et la puissance maximum d'entrée de la lampe finale est égale à :

$$\frac{4\,R\,(r - r')\,i^2}{V^2}$$

R = résistance de charge.
r = portion réelle de l'impédance d'entrée durant le fonctionnement.
r' = portion réelle de l'impédance de blocage lorsque le haut-parleur ne peut vibrer.
i = le courant d'alimentation anodique.
V = la tension alternative d'anode.

Le rendement acoustique est d'environ :

3 %	pour les	haut-parleurs	magnétiques.
10 %	—	—	électrodynamiques.
20 %	—	—	à pavillon exponentiel.

Dans un électrodynamique le rendement dépend en partie de l'intensité du champ magnétique. La force F provoquant le déplacement de la bobine mobile est en effet égale à :

$$F = H\,n\,i$$

H = champ magnétique.
n = nombre de tours de la bobine mobile.
i = intensité du courant dans la bobine.

Impédance résultante de plusieurs haut-parleurs.

1. Bobines mobiles en série.

$Z_t = Z_1 + Z_2 + Z_3$.
Z_t = impédance totale.
Z_1 = — de la bobine mobile du 1er H-P.
Z_2 = — — — 2e H-P.
Z_3 = — — — 3e H-P.

2. Bobines mobiles en parallèle.

Si les impédances de toutes les bobines sont identiques

$$Z_t = \frac{Z}{n}$$

Z = impédance d'une bobine.
n = nombre de bobines.

Si les impédances sont différentes

$$Z_t = \frac{Z_1 \times Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

Baffle de haut-parleur.

Le côté d'un baffle doit être au moins égal à la moitié de la longueur d'onde de la fréquence à reproduire.

La longueur d'onde L d'un son de fréquence f, est égale à :

$$L = \frac{340}{f},$$

pour un baffle carré le côté aura donc en mètres une longueur de :

$$\frac{170}{f}$$

Filtres pour emploi de deux haut-parleurs.

Lorsqu'on équipe un amplificateur avec deux haut-parleurs reproduisant, l'un des fréquences basses, l'autre les fréquences élevées on utilise des filtres comprenant :

1. un condensateur en série ;
   une inductance en parallèle ;
   pour alimenter le haut-parleur reproduisant les fréquences élevées
2. un condensateur en parallèle ;
   une inductance en série ;
   pour alimenter le haut-parleur reproduisant les basses fréquences.

Les condensateurs et les inductances sont, dans l'un et l'autre filtres, de valeurs égales, celles-ci s'expriment par les formules ci-après :

$$L = \frac{R_0\sqrt{2}}{2\pi f}$$

$$C = \frac{1}{2\pi f R_0\sqrt{2}}$$

L = inductance en henrys,
C = capacité en farads ;
R_0 = impédance de la ligne en ohms ;
f = la fréquence de coupure admise en c/s (généralement 800 à 1 000 c/s.

Microphone

Le microphone a pour rôle de transformer l'énergie acoustique en énergie électrique.

Cette transformation se caractérise par **l'efficacité absolue** ε en barye, c'est-à-dire le rapport existant entre la différence de potentiel u appliquée aux bornes du microphone et la grandeur caractérisant le phénomène, généralement la pression p

$$\varepsilon = \frac{u}{p}$$

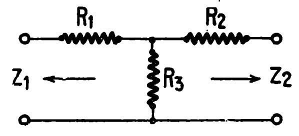
La courbe de réponse d'un microphone représente la courbe de l'efficacité absolue en fonction de la fréquence.

Atténuateurs

Les atténuateurs sont des dispositifs constitués de plusieurs résistances connectées de façon à diminuer l'amplification tout en conservant l'équilibre voulu, entre l'impédance d'entrée Z, et l'impédance de sortie Z_2.

Les plus courants sont les atténuateurs en T et en H. Le tableau ci-après indique des valeurs convenables de résistances en fonction des impédances d'entrée et de sortie et d'un affaiblissement exprimé en décibels.

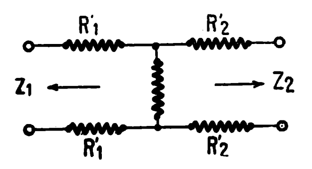
Atténuateur en T.



Z_1 ← → Z_2 en ohms	Affaiblissement en dB	R_1 en ohms	R_2 en ohms	R_3 en ohms
50 à 50...	5	14	14	83
	10	26	26	35
	15	35	35	18
	20	41	41	10
50 à 200...	Min. 11,5	0	175	57
	15	16	175	37
	20	31	185	20
50 à 500...	Min. 15,8	0	475	53
	20	20	480	31
50 à 2 000...	Min. 22	0	1 980	50
200 à 200...	5	55	55	334
	10	103	103	140
	15	140	140	75
	20	163	163	40
200 à 500...	Min. 9	0	380	270
	10	23	390	222
	15	98	417	116
	20	140	436	64
200 à 2 000...	Min. 15,8	0	1 886	214
	20	76	1 912	128
500 à 500...	5	138	138	834
	10	258	258	352
	15	350	350	183
	20	410	410	100
500 à 2 000...	Min. 11,5	0	1 755	575
	15	168	1 775	366
	20	307	1 837	203
500 à 5 000...	Min. 15,8	0	4 750	528
	20	190	4 780	321
2 000 à 2 000...	5	570	570	3 330
	10	1 040	1 040	1 410
	15	1 400	1 400	735
	20	1 634	1 634	406
2 000 à 5 000...	Min. 9	0	3 910	2 590
	15	980	4 170	1 160
	20	1 400	4 460	640
5 000 à 5 000...	5	1 370	1 370	8 330
	10	2 600	2 600	3 520
	15	3 500	3 500	1 830
	20	4 085	4 085	1 015

Atténuateur en H.

Les résistances R'_1 et R'_2 ont des valeurs égales à la moitié des valeurs R_1 et R_2 du tableau précédent.



Calcul des éléments dans les atténuateurs symétriques ($Z_1 = Z_2 = Z$) correspondant aux schémas ci-après.

$$R_1 = \frac{1}{2} Z \left(\frac{k-1}{k+1}\right) \quad R_2 = 2Z \left(\frac{k}{k^2-1}\right)$$

$$R_3 = Z \left(\frac{k^2-1}{k}\right) \quad R_4 = Z \left(\frac{k+1}{k-1}\right)$$

$$R_5 = Z \left(\frac{k-1}{k}\right) \quad R_6 = Z \left(\frac{1}{k-1}\right)$$

$$R_5 = Z \left(\frac{k-1}{k}\right) \quad R_6 = Z \left(\frac{1}{k-1}\right)$$

Les atténuateurs ne sont pas utilisés seulement en acoustique pour le réglage de la puissance d'entrée des amplificateurs. Ils ont d'autres emplois notamment dans les générateurs haute fréquence.

QUATRIÈME PARTIE

LA TÉLÉVISION

La télévision ou transmission à distance des images animées et des sons correspondants utilise deux vôies avec leur porteuse, l'une pour l'image, l'autre pour le son, occupant une certaine bande de fréquences ou **canal.**

La retransmission des images s'effectue en convertissant à l'émission une image optique constituée d'un grand nombre de points en signaux électriques proportionnels à leur brillance, puis en opérant à la réception la conversion inverse.

Il convient donc de transmettre, outre la variation de brillance de chaque point en fonction du temps, la position de chacun d'eux dans le plan de l'image.

Analyse simple.

L'exploration de tous les points de l'image s'effectue en balayant l'image par un spot. L'analyse simple correspond à une image parcourue *n* fois par seconde.

La valeur de *n* adoptée en Europe est égale à 25 et elle est de 30 aux U. S. A., ce qui correspond à la moitié de la fréquence du secteur qui est respectivement de 50 et 60 c/s.

Analyse interlignée.

Avec l'analyse interlignée ou entrelacée l'image est également parcourue n fois par seconde mais le papillotement est supprimé car pour l'œil le rythme de passage des images est égal à 2 n fois par seconde, c'est-à-dire à 50 demi-images entrelacées.

Définition.

Le nombre de points d'image d'une ligne verticale correspond à la **définition verticale.**

Le nombre de points d'image d'une ligne horizontale correspond à la **définition horizontale..**

La **définition** fournit donc l'aptitude d'un système de télévision à la reproduction des détails de l'image et s'exprime par le nombre de lignes explorées.

En France elle est de 819 lignes, 405 en Angleterre, 525 en Amérique et 625 dans de nombreux pays européens.

Le **format** d'une image est le rapport de sa longueur L à sa hauteur H $\left(= \frac{L}{H}\right)$

Connaissant le nombre de lignes n et le format on détermine que e nombre de points est égal à :

$$\frac{n^2 L}{H}$$

Si N représente le nombre d'images par seconde le nombre de points est :

$$\frac{N n^2 L}{H}$$

Ceci conduit à la fréquence de modulation limite

$$\frac{N n^2 L}{2 H}$$

Fréquences d'exploration.

La fréquence d'exploration verticale f_v ou fréquence de trame est exprimée par :

$$f_v = \frac{1}{T_v}$$

T_v représente le temps séparant deux passages consécutifs, dans le même sens, du spot par la même ordonnée.

La fréquence d'exploration horizontale f_h est exprimée par :

$$f_h = \frac{1}{T_h}$$

T_h représente le temps séparant deux passages consécutifs, dans le même sens, du spot par la même abscisse.

Signal de télévision.

Le signal de télévision est un signal à haute fréquence (longueur d'onde, de l'ordre de 0,3 à 7 m) modulé par le signal vidéo.

Signal vidéo

Le signal vidéo ou de vision comprend l'information relative aux détails de l'image, plus deux groupes de signaux fixes de temps ou de synchronisation indiquant les instants où commence l'exploration des lignes et des trames successives. Ces derniers sont constitués par des impulsions rectangulaires.

La bande couverte par le signal vidéo va de 50 c/s à plusieurs mégacycles (2,5 à 10 Mc/s).

Une fraction du signal vidéo (30 %) est réservée aux signaux de temps. Le reste (30 à 100 %) contient le signal image.

Le signal image peut être modulé **positivement** ou **négativement.**

La modulation est positive lorsque le blanc correspond à une amplitude de 100 % ; l'onde modulée est nulle durant les impulsions de synchronisation.

La modulation est négative lorsque le blanc correspond à une amplitude nulle ; l'amplitude de l'onde modulée est maximum durant les impulsions de synchronisation.

Normes

Les caractéristiques du signal télévision peuvent être très différentes. Elles constituent les « normes » ou le « standard » des systèmes de télévision, résumées dans le tableau ci-après.

Systèmes de télévision

	Anglais	Américain	Européen	Français
Nombre de lignes . .	405	525	625	819
Bande vidéo.	3 Mc/s	4 Mc/s	5 Mc/s	10,4 Mc/s
Bande canal.	5 Mc/s	6 Mc/s	7 Mc/s	14 Mc/s
Ecart image-son . .	— 3,5 Mc/s	+ 4,5 Mc/s	+ 5,5 Mc/s	—11,15Mc/s
Entrelacement . . .	2 : 1	2 : 1	2 : 1	2 : 1
Synchronisation . .				
Fréquence ligne . .	10125 Mc/s	15750 c/s	15625 c/s	20475 c/s
Fréquence trame . .	50 c/s	60 c/s	50 c/s	50 c/s
Fréquence image. .	25 c/s.	30 c/s	25 c/s	25 c/s
Format image. . . .	4 :3	4 : 3	4 : 3	4 : 3
Sens de balayage . .	de gauche à droite et de haut en bas			
Modulation image. .	AM	AM	AM	AM
Direction de la modulation.	positive	négative	négative	négative
Niveau du noir en %.	30	75	75	25
Modulation son . .	A 3	F 3	F 3	A 3

Répartition des canaux de télévision R.T.F.

Tableau des fréquences nominales des porteuses image et son des douze canaux des bandes I et III attribuées à la RTF.

Les canaux pairs sont dits directs et la bande latérale image atténuée se situe du côté des fréquences supérieures du canal.

Les canaux impairs sont dits inversés et la bande latérale image atténuée se situe du côté des fréquences inférieures du canal.

Fréquences des porteuses en Mc/s

Bande I : 41 — 68 Mc/s			Bande III : 162 — 216 Mc/s		
Canal	Image	Son	Canal	Image	Son
1	43,00	54,15	5	164,00	175,15
2	52,40	41,25	6	173,40	162,25
3	56,15	67,30	7	177,15	188,30
4	65,55	54,40	8	186,55	175,40
			9	190,30	201,45
			10	199,70	188,55
			11	203,45	214,60
			12	212,85	201,70

Pour les canaux dits « normaux » les fréquences porteuses ont les valeurs ci-dessus exactes à + 1 kc/s près.

Pour les canaux dits « décalés » les fréquences porteuses images sont décalées d'une des quatre valeurs suivantes + 7 kc/s et + 10 kc/s. Les porteuses son sont décalées de 20 kc/s avec le signe du décalage image.

Canaux européens (C C I R)

Canal	Image	Son
2	48,25	53,75
3	55,25	60,75
4	62,25	67,75
5	175,25	180,75
6	182,25	187,75
7	189,25	194,75
8	196,25	201,75
9	203,25	208,75
10	210,25	215,75
11	217,25	222,75
Spécial Italie	82,25	87,75
— d° —	201,25	206,75

Tubes analyseurs

La conversion lumière courant s'effectue par les tubes analyseurs. Les principaux types équipant les caméras de télévision sont :

le **supericonoscope** et l'**orticon** qui utilisent les propriétés des

substances photo-émissives, mais le dernier est doué d'une plus grande sensibilité ; en revanche le premier fournit des images plus fines ;

le **vidicon** et le **staticon** qui utilisent la variation de résistance de certains corps lorsqu'ils sont soumis à la lumière.

Dans tous les cas l'analyse de l'image électrique obtenue s'effectue par le déplacement de rayons cathodiques.

Tubes à rayons cathodiques

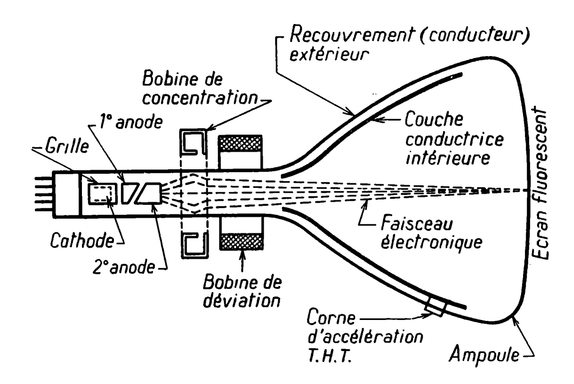
La conversion inverse courant lumière s'opère grâce au tube à rayons cathodiques appelé suivant les marques tube-image, cathoscope ou cinéscope lorsqu'il est étudié pour la télévision.

Du point de vue dimensions un tube à rayons cathodiques se caractérise par le diamètre ou la diagonale de son **écran** et son **angle d'ouverture** qui conditionne sa longueur.

Les écrans des tubes utilisés en télévision ont les diagonales de 22-36 (pratiquement abandonnées) 43 et 54 cm. En tubes américains on trouve des écrans plus grands allant jusqu'à 70 cm de diagonale.

L'angle d'ouverture pour les tubes cathodiques utilisés en télévision est de 70 et 90° et 110°. Si l'augmentation de l'angle de déviation permet de réduire la longueur des tubes, en contre-partie il faut plus d'énergie pour déplacer le faisceau électrique d'où il résulte de plus grandes difficultés pour la réalisation des bases de temps.

Constitution d'un tube cathodique.



Un tube cathodique comporte :

une cathode à chauffage indirect;
une grille de contrôle ou cylindre de Wehnelt qui reçoit le signal vision ;
un système de concentration du flux électronique (électrostatique ou électromagnétique) ;
deux anodes dont une dite accélératrice reçoit une tension de 7 000 à 16 000 V;
un système de déviation du faisceau d'électrons;
un écran en matière transformant par luminescence une partie de l'énergie cinétique des électrons du faisceau en lumière (la luminosité varie sensiblement comme le carré de la tension totale de l'accélération). La rémanence de la couche doit être inférieure à 1/50e de seconde, c'est-à-dire à la durée d'une trame.

Code américain.

Pour désigner les tubes cathodiques les fabricants américains du groupe RTMA ont adopté le code ci-après :
le premier nombre — un ou deux chiffres — fournit en pouces le diamètre (écran circulaire) ou la diagonale (écran rectangulaire) du fond du tube;
la lettre qui suit n'a aucune signification et ne correspond qu'à un ordre d'enregistrement;
la deuxième lettre est un P suivi d'un nombre caractérisant la couche fluorescente (par exemple P_1 = fluorescence verte pour oscilloscopie, P_4 = fluorescence blanche pour télévision.
la troisième lettre (un A) que l'on trouve quelquefois indique que le tube comporte une modification par rapport au tube original, mais celle-ci est peu importante. Le tube modifié peut être utilisé à la place du tube original, mais l'inverse est impossible.

Code Philips.

Première lettre indique que le tube est : D à déviation statique, M à déviation magnétique.
Deuxième lettre caractérise la couche fluorescente :

B = bleu,
F = orange.
N = vert, remanent,
P = bleu vert, très remanent,
R = vert-jaune, très remanent,
W = blanc.

Premier groupe de chiffres : diagonale approximative d'écran (pour tubes rectangulaires) ou diamètre (pour les tubes ronds) en centimètres.
Deuxième groupe de chiffres : indique la série du type.

Autre code français.

Premier groupe de chiffres : diagonale ou diamètre de l'écran en centimètres.

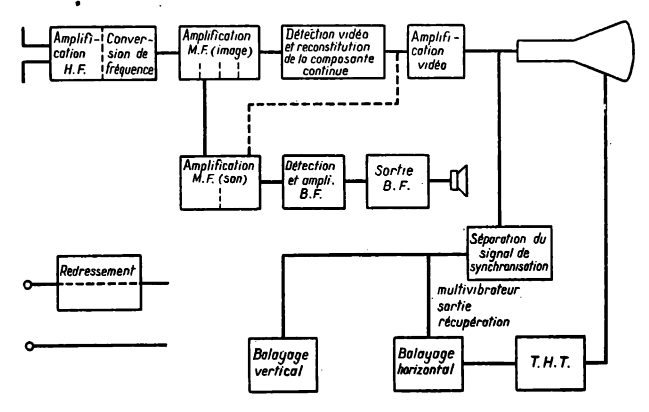
Première lettre : indique la déviation (M pour magnétique, S pour électrostatique.

Deuxième lettre : indique la série du type.

Dernier groupe de chiffres : caractérise la couche fluorescente suivant le code américain.

1 = verte, persistance moyenne,
2 = bleu-vert, longue persistance,
4 = blanche, persistance moyenne,
5 = bleue, très courte persistance,
7 = bleue, courte persistance puis phosphorescence, jaune-vert de longue durée,
11 = fluorescence bleue courte persistance,
15 = fluorescence bleu-vert avec composante ultra-violet.

Composition d'un téléviseur.



L'amplification haute fréquence demande une penthode à forte pente, faibles capacités d'entrée et de sortie, niveau de bruit très réduit et bande passante suffisante pour laisser passer entièrement les signaux son et vision.

Le changement de fréquence s'effectue soit avec une triode penthode, soit avec une double triode.

La **moyenne fréquence** ou **fréquence intermédiaire** (FI) est comprise entre 20 et 40 c/s.

La **détection** utilise des diodes au germanium ou des diodes à vide à capacité et résistance interne faibles.

Les **bases de temps** pour le balayage de l'écran du tube cathodique par le spot sont au nombre de deux effectuant pour le standard français :

le balayage vertical à la fréquence de 50 c/s;

le balayage horizontal à la fréquence de 20475 c/s (cette base de temps fournit également la très haute tension nécessaire à l'alimentation anodique du tube cathodique).

Ces dispositifs sont déclenchés par les signaux de synchronisation, mais au préalable ils ont été triés et séparés par les étages **séparateur et discriminateur.**

L'Amplification en télévision.

Le signal télévision couvrant une large bande il importe que toutes les fréquences soient amplifiées uniformément. Il faut se rappeler que le gain d'un étage à tube accordé par circuit oscillant décroît lorsque s'élargit la bande à amplifier:

$$A \, . \, B = \frac{S}{2 \pi C}$$

A = amplifications pour la fréquence d'accord du circuit de sortie.
B = bande passante à 3 dB,
S = pente du tube,
C = capacité d'entrée du tube branché.

Plusieurs circuits amplificateurs réglés sur la même fréquence d'accord sont dits « **concordants** ». mais on démontre qu'une plus grande amplification peut être obtenue avec des circuits amplificateurs **décalés** lorsque le nombre des étages est supérieur à deux pour une largeur de bande de 5 Mc/s.

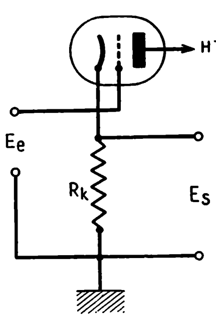
Les amplificateurs « **cascode** » utilisés en VHF offrent l'avantage d'avoir une entrée et une sortie à impédance élevée. Ils comportent deux tubes, l'un branché normalement au circuit d'entrée, l'autre, relié au premier, a sa grille à la masse.

En vidéo-fréquence, où il s'agit d'amplifier uniformément de zéro jusqu'à 9 Mc/s environ, l'amplification est donnée par la formule générale des amplificateurs à résistances-capacité :

$$A = \frac{E_s}{E_e} = \frac{S R_a}{\frac{R_a}{R_i} + 1 + \frac{R_a}{R_g} + j \left[R_a C_a \omega - \left(\frac{R_a}{R_i} + 1 \right) \frac{1}{R_g C_g \omega} \right]}$$

E_s = tension de sortie,
E_e = tension d'entrée,
R_a = résistance de charge.
R_i = résistance interne.
R_g = résistance de grille de l'étage suivant.
C_a = capacité en parallèle avec la résistance de charge
$= \sqrt{-1}$.

Les amplificateurs à charge cathodique ou **cathode follover** dont la figure rappelle le montage, fournissent une tension amplifiée aux bornes de R_k. Cette résistance se trouve ainsi shuntée par les capacités parasites du tube qui rendent le gain fonction de la fréquence.



Ce gain est donné par la formule ci-après :

$$A = \left[\frac{a^2 f^2 + S^2}{a^2 \beta^2 f^2 + \gamma^2}\right]$$

a = $2\pi \times$ capacité parasite de grille.

$$\beta = 1 + \frac{\text{Capacité parasite totale.}}{\text{Capacité parasite de grille.}}$$

$$\gamma = S + \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_k}$$

S = pente du tube.
R_i = résistance interne.

Possibilité de réception des émissions télévisées.

Pour des réceptions confortables la portée correspond à l'horizon optique de l'antenne. On peut approximativement se rendre compte de la possibilité de réceptions des ondes métriques en appliquant la formule ci-après:

$$D = \sqrt{2\,R\,h + \sqrt{2\,R\,H}}.$$

D = distance entre émetteur et récepteur.
R = le rayon de la terre (6 000 km).
H = hauteur effective de l'antenne d'émission.
h = hauteur effective de l'antenne de réception.

Intensité du champ.

Si nous appelons :
H, la hauteur effective de l'antenne d'émission,
I, l'intensité du courant d'antenne, c'est-à-dire $\sqrt{W\,R}$ (W = la puissance rayonnée, R = la résistance du rayonnement).
λ, la longueur d'onde,
d, la distance de l'émetteur,
l'intensité approximative du champ en fonction de la distance de l'émetteur est donné par la formule:

$$F_0 = \frac{60\,\pi\,H\,I}{\lambda\,d}$$

On admet que ce champ pour une bonne réception dans une agglomération doit être de 1 000 à 5 000 μ V suivant l'importance des parasites.

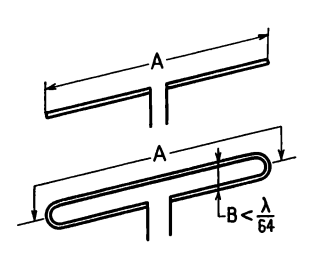
Antennes de réception.

Pour obtenir le rendement maximum il est indispensable d'avoir une antenne accordée soit en demi-onde, soit en quart d'onde. Sa longueur est donc liée à la fréquence de l'énergie rayonnée à recueillir.

L'impédance propre d'une antenne demi-onde est maximum à ses extrémités et minimum au centre. C'est pourquoi la descente est réunie à ce point.

Les antennes sont réunies à l'entrée du téléviseur par un câble de descente dont la longueur est un multiple de la longueur d'onde. Pour éviter que ce câble ne soit parcouru par des ondes réfléchies il importe qu'il soit terminé par son impédance caractéristique Z.

Les caractéristiques des antennes les plus courantes en télévision sont indiquées ci-après:



Dipôles

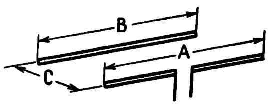
Simple	**Replié**
Z = 72 ω	300 ω

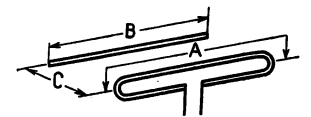
Gain (par rapport au dipôle): En puissance : 1; En dB : 0

Dipôles avec reflecteur

Simple	**Replié**
Z = 60 ω	250 ω

Gain (par rapport au dipôle): En puissance : 2 à 2,5. En dB : 3 à 4



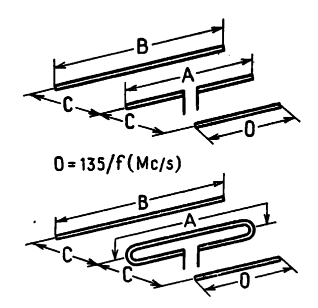


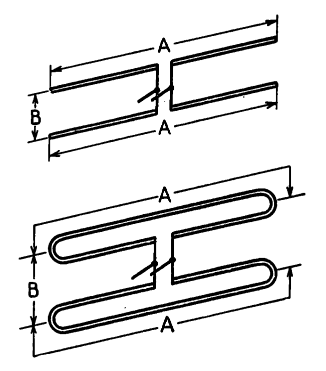
Dipôles
avec réflecteur et directeur

Simple	**Replié**
Z = 20 à 30 ω	80 à 120 ω

Gain (par rapport au dipôle) : En puissance : 2,5 à 4. En dB : 4 à 6.

Réception en une seule direction et fort gain (avec deux directeurs le gain est de 4 à 5 en puissance et 6 ou 7 en dB).



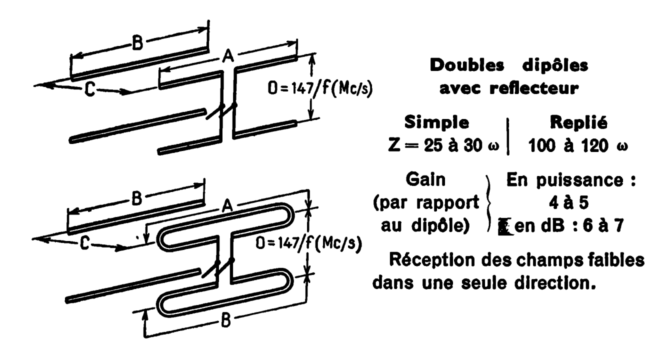


Doubles dipôles

Simple	**Replié**
Z = 35 à 40 ω	150 ω

Gain (par rapport au dipôle) : En puissance : 2 à 2,5. En dB : 3 à 4.

Système utile pour champ faible et quand deux directions de réception sont nécessaires.



Doubles dipôles avec reflecteur

Simple	**Replié**
Z = 25 à 30 ω	100 à 120 ω

Gain (par rapport au dipôle) : En puissance : 4 à 5 ; en dB : 6 à 7

Réception des champs faibles dans une seule direction.

Les dimensions en mètres de ces antennes sont à déterminer des formules suivantes:

$$A = \frac{140{,}4}{f}$$

$$B = \frac{147{,}6}{f}$$

$$C = \frac{73{,}8}{f} \qquad (f \text{ en Mc/s})$$

En télévision, étant donné la bande importante, on peut se demander quelle est la fréquence à considérer pour déterminer la longueur d'une antenne. Il semblerait que la meilleure solution serait de prendre la fréquence de résonance moyenne des canaux son et vision. Cependant, en raison de la faible largeur de la bande son par rapport à la bande image, qui permet d'accroître la sensibilité du récepteur son, il est préférable de se tenir plus près de la porteuse image.

Polarisation.

Les émetteurs transmettant les ondes sont :

avec **polarisation verticale** (c'est-à-dire champ magnétique vertical et champ électrique horizontal) ;

avec **polarisation horizontale** (c'est-à-dire champ magnétique horizontal et champ électrique vertical).

Les antennes de réception doivent donc être dans le plan vertical ou horizontal suivant l'émission à recevoir.

Câbles de descente.

On trouve deux sortes de câbles:

coaxial (à construction asymétrique) ;

bifilaire (à construction symétrique).

Le câble coaxial standard a une impédance de 75 ω et le bifilaire (très peu utilisé) de 300 ω.

Atténuateur de téléviseur.

Un atténuateur est un dispositif constitué de plusieurs résistances connectées de façon à diminuer l'amplitude d'un signal et éviter la saturation des étages d'entrée, tout en conservant l'équilibre voulu entre les impédances d'entrée et de sortie. Il convient, en cas de signal très fort, par exemple si la puissance de l'émetteur est augmentée, d'adjoindre un atténuateur et non de modifier les caractéristiques de l'antenne ou de la descente d'antenne, car on risquerait de susciter ou d'aggraver certaines perturbations telles que interférences, échos, parasites, etc.

Rs Rs Rp

Pour un téléviseur à entrée asymétrique, cas le plus courant, et pour une impédance d'adaptation de 75 ohms, les valeurs des résistances branchées suivant le schéma ci-contre sont :

Rapport d'atténuation	5	10	15	20
Valeur de Rp.	30	14,5	9,6	7,2
Valeur de Rs.	48	60	64	60

Correspondance entre les unités d'éclairement.

Unités	lux	foot-candle	phot
1 lux = 1 lumen/m²	1	0,0929	10^{-4}
1 foot-candle = 1 lumen/ft²	10,76	1	$1,076 \times 10^{-3}$
1 phot = 1 lumen/cm²	10^4	929	1

Correspondance entre les unités de luminance.

Unités	sb=cd/cm²	cd/m²	asb	L	ft-L
1 stilb = = 1 candela/cm²	1	10^4	$\pi \times 10^4 =$ 31416	$\pi = 3{,}1416$	2919
1 candela/m²	10^{-4}	1	$\pi = 3{,}1416$	$3{,}1416 \times 10^{-4}$	0,2919
1 apostilb	$3{,}183 \times 10^{-5}$	$\frac{1}{\pi} = 0{,}3183$	1	10^{-4}	0,0929
1 Lambert	$\frac{1}{\pi} = 0{,}3183$	3183	10^4	1	929
1 foot-lambert	$3{,}426 \times 10^{-4}$	3,426	10,76	$1{,}076 \times 10^{-3}$	1

CINQUIÈME PARTIE

RENSEIGNEMENTS PRATIQUES GÉNÉRAUX

Alphabet « Morse »

Code international utilisé pour toutes les radio-communications télégraphiques.

La vitesse de manipulation télégraphique se traduit en **bauds**. Le baud est une unité correspondant à un temps d'une seconde pour la transmission d'un signal élémentaire du code Morse, c'est-à-dire un point. Une vitesse de 50 bauds correspond à un temps de manipulation de $\frac{1}{50}$ de sec par signal élémentaire.

A	· —	J	· — — —	S	· · ·
B	— · · ·	K	— · —	T	—
C	— · — ·	L	· — · ·	U	· · —
D	— · ·	M	— —	V	· · · —
E	·	N	— ·	W	· — —
F	· · — ·	O	— — —	X	— · · —
G	— — ·	P	· — — ·	Y	— · — —
H	· · · ·	Q	— — · —	Z	— — · ·
I	· ·	R	· — ·		

1	· — — — —	ä	· — · —
2	· · — — —	à ou â	· — — · —
3	· · · — —	ch	— — — —
4	· · · · —	ñ	— — · — —
5	· · · · ·	ö	— — — ·
6	— · · · ·	ü	· · — —
7	— — · · ·		
8	— — — · ·		
9	— — — — ·		
0	— — — — — *ou en abrégé* ———		

.	· — · — · —	SOULIGNÉ	· · — — · —
,	— — · · — —	–	— · · · —
:	— — — · · ·	APPEL	— · — · —
?	· · — — · ·	ATTENTE	· — · · ·
—	— · · · · —	COMPRIS	· · · — ·
/	— · · — ·	ERREUR	· · · · · · · ·
SEPARATIF	· — · · —	INVITATION À TRANSMETTRE	— · —
'	· — — — — ·	FIN DE TEXTE ou +	· — · — ·
( )	— · — — · —	FIN D'EMISSION	· · · — · —

Code français des couleurs pour les pièces détachées

Blocs avec ou sans haute fréquence.

Couleur.

Blanc	Antenne.
Marron	Masse.
Gris	Grille HF.
Bleu	Plaque HF.
Rouge	+ HT filtrée.
Vert	Grille modulatrice.
Jaune	Grille oscillatrice.
Orange	Anode oscillatrice.
Noir	Régulation automatique.

Transformateurs moyenne fréquence.

Bleu	Plaque.
Rouge	+ HT filtrée
Vert	Extrémité secondaire (grille).
Jaune	Prise intermédiaire secondaire.
Noir	Régulation automatique.

Cordons de câblage.

	Nature de la connexion.
Noir	Masse.
Chiné	Filament ou tensions alternatives.
Bleu	Anodes.
Rouge	Haute tension filtrée.
Vert	Haute tension filtrée.
Vert	Guides et retour de l'antifading.
Marron	Grilles-écrans.
Violet	Cathodes.
Jaune	Haute tension non filtrée.

Connexions des haut-parleurs.

Quatre cas sont à considérer suivant le montage.

1° Une lampe de sortie.

Vert	Primaire transformateur HP et anode.
Marron	Haute tension .
Blanc	Secondaire transformateur HP (bobine mobile).
Noir	Enroulement d'excitation, arrivée HT,
Jaune	Départ haute tension.

2° Etage de sortie symétrique (push-pull).

Vert et marron	Primaire transformateur HP et anodes.
Rouge	Haute tension (+).
Blanc Noir Jaune	Comme ci-dessus en 1°.

3° Haut-parleur avec prise sur bobinage d'excitation.

Transformateur avec une lampe de sortie (1°) ou push-pull (2°).

Noir	Enroulement d'excitation. arrivée HT.
Jaune	Départ haute tension.
Gris	Prise.

4° Haut-parleur avec deux bobinages d'excitation distincts.

Transformateur avec une lampe de sortie (1°) ou push-pull (2°)

Gris et bleu	Premier bobinage d'excitation.
Noir et jaune	Deuxième bobinage d'excitation.

Câbles de liaison pour les récepteurs à batteries.

Jaune	+ A, + chauffage.
Noir et Jaune	— A, — chauffage.
Rouge	+ B max, 1 HT max.
Violet et rouge	+ B intér. 1, + HT intér. 1.
Violet	+ B intér. 2, + HT intér. 2 (détectrice).
Noir et Rouge	— B, — HT.
Vert	+ C, + polarisation.
Noir avec points verts	— C, — polarisation.
Noir et vert	— C, — polaris. interméd.
Marron	+ HT (haut-parleur).
Noir et marron	Anode (haut-parleur).

Code américain des couleurs

Transformateurs moyenne fréquence.

Bleu	Plaque.
Rouge	+ HT filtrée.
Vert	Extrémité secondaire (entrée).
Noir	Extrémité secondaire (sortie)
Blanc	Prise médiane au secondaire.

Transformateurs basses fréquence.

Bleu	Plaque (primaire).
Rouge	+ HT filtrée.
Brun	Connexion de plaque.
Vert	Extrémité secondaire (grille).
Noir	Extrémité secondaire (retour).
Jaune	Connexion de grille.

Haut-parleurs.

Transformateurs de sortie, code des transformateurs basse fréquence ci-dessus.

Noir	Entrée bobine mobile.
Vert	Fin de la bobine mobile.
Noir et rouge	Entrée de la bobine d'excitation.
Jaune et rouge	Sortie de la bobine d'excitation.
Ardoise et rouge	Eventuelle prise intermédiaire.

Transformateurs d'alimentation.

Noir	Normale pour le primaire.
Noir à stries jaunes	Prise intermédiaire primaire.
Noir à stries roses	Fin de l'enroulement primaire.
Rouge	Extrémités de l'enroulement HT.
Rouge à stries jaunes	Prise médiane de l'enroulement HT,
Jaune	Extrémités du chauffage de la valve.
Jaune à stries bleues	Prise centrale du chauffage de la valve.
Vert	Extrémités du premier enroulement de chauffage.
Vert	Extrémités du premier enroulement de chauffage des tubes.
Vert à stries jaunes	Prise médiane du premier enroulement de chauffage des tubes.
Brun	Extrémités du deuxième enroulement de chauffage des tubes.
Brun à stries jaunes	Prise médiane du deuxième enroulement de chauffage des tubes.
Ardoise	Extrémités du troisième enroulement de chauffage des tubes.
Ardoise à stries jaunes	Prise médiane du troisième enroulement de chauffage des tubes.

Condensateurs électrolytiques.

Blanc	Connection centrale des condensateurs pour doubleur de tension.
Noir	Premier négatif.
Brun	Deuxième négatif.
Gris	Troisième négatif.
Violet	Cinquième positif, capacité la plus élevée.
Bleu	Quatrième positif.
Vert	Troisième positif.
Jaune	Deuxième positif.
Rouge	Premier positif.

Les condensateurs en série sont marqués $\pm$ (4 $\pm$ 4 indique que deux condensateurs de 4 µF sont en série en vue d'utilisation dans un montage doubleur de tension).

Le positif commun est indiqué par +, (4 + 4 indique que deux condensateurs de 4 µF ont leurs pôles positifs réunis).

Le négatif commun est indiqué par —, (4 — 4 indique que deux condensateurs de 4 µF ont leurs pôles réunis).

Les sections d'un bloc non réunies, sont repérées par & (4 & 4 indique deux condensateurs de 4 µF isolés).

Fiches volantes.

Rouge	Première haute tension, la plus élevée (+ HT).
Jaune	Deuxième haute tension (+ HT).
Vert	Troisième haute tension (+ HT).
Bleu	Quatrième haute tension (+ HT).
Rose	Basse tension positive.
Noir	Basse tension négative.
Noir	Haute tension négative.
Noir	Polarisation positive de grille.
Brun	Polarisation négative de grille (la plus élevée).
Gris	Deuxième polarisation négative.
Blanc	Troisième polarisation négative.
Violet	Chaque conducteur complémentaire.
Blanc	Chaque prise médiane.

Câbles multiples pour batteries.

Bleu	Positif haute tension.
Blanc	Positif haute tension (prise intermédiaire).
Jaune	Négatif haute tension.
Rouge	Positif basse tension.
Noir	Négatif basse tension.
Brun	Polarisation positive de grille.
Vert	Polarisation négative de grille.
Orange	Polarisation négative de grille (prise intermédiaire).

Conducteurs

Nous avons réuni ci-après les renseignements relatifs aux conducteurs utilisés, soit pour le bobinage, soit pour la câblage.

Diamètre des fils à brins multiples.

Pour certains calculs il est nécessaire de connaître le diamètre de l'ensemble d'un conducteur à brins multiples, le tableau ci-après l'indique avec une approximation suffisante pour la pratique.

Diamètre des brins en mm	Diamètre en mm		
	Fil 9 brins	Fil 27 brins	Fil 81 brins
0,07	0,41	0,73	1,41
0,08	0,45	0,77	1,49
0,10	0,52	0,91	1,69
0,12	0,61	1,06	1,96
0,15	0,73	1,27	2,54
0,19	0,88	1,49	2,82

Diamètre de fils à adopter.

Dans un fil de cuivre tendu dans l'air les diamètres suivants peuvent être adoptés. Dans ces conditions l'échauffement ne dépassera pas 30°C (prescriptions U. S. E.).

Diamètre en mm	Intensité en ampères
7/10	6,5
9/10	7,5
12/10	10
16/10	14
20/10	18,5
25/10	25
30/10	32,5

A noter que la section des conducteurs souples utilisés pour le raccordement des récepteurs au secteur doit être au moins égale à 0,4 mm². Ces conducteurs doivent être en cuivre. Les « cordons résistants » sont interdits.

Diamètre des fils pour différentes densités de courant.

$$d = 0{,}8\sqrt{I} \text{ pour une densité de 2 A/mm}^2$$

$$d = 0{,}6\sqrt{I} \text{ pour une densité de 4 A/mm}^2$$

$$d = 0{,}5\sqrt{I} \text{ pour une densité de 6 A/mm}^2.$$

d = diamètre en mm.
I = intensité en ampères.

Chute de tension en volts pour un courant de 1 A circulant dans une ligne bifilaire en cuivre de 10 m de longueur.

Diamètre en mm	Tension en volts
0,10	0,42
0,12	0,28
0,16	0,17
0,18	0,13
0.20	0,11
0,25	0,07
0,30	0,05
0,35	0,03

Chute de tension en volts, dans les mêmes conditions, mais pour un courant de 2 A.

0,10	1,68
0,12	1,12
0,16	0,68
0,18	0,52
0,20	0,44
0,25	0,28
0,30	0,20
0,35	0,12

Caractéristiques générales des conducteurs.

	Cuivre recuit	Aluminium recuit
Poids spécifique	8,89	2,7
Résistivité à 20°C (en microhm/cm.	1,7241	2,603
Coefficient de température . .	0,00393	0,004
Résistance à la rupture (en kg/mm²).	22 à 28	8
Module d'élasticité (en kg/mm²)	9 000	
Limite d'élasticité (en kg/mm²)	0,5	0,2
Coefficient de dilatation linéaire.	0,000016	0,000023
Chaleur spécifique à 20°C . .	0,0912	moy. 0,217
Chaleur spécifique à 100°C . .	0,0942	

Autres conducteurs utilisés en radio.

Le chrysocale 88 $C_u + 9\ Z_n + 3$ E ou 90 $C_u + 7{,}9\ Z_n + 1{,}6\ P_b + 0{,}5E$).
Le bronze au glucinium (97,8 $C_u + 2{,}2\ G_l$).
L'argent pour les grains de contact (90 $A_g + 10\ C_u$).

Tableau des sections, poids et résistances des fils de cuivre.

Diam. mm	Section mm²	Poids au m en g	Résistance par km à 0° (ohms)	Résistance par km à 50°	Résistance par km à70°
0,1	0,0079	0,0699	2 034,2	2 440	2 600
0,12	0,01131	0,1007	1 412,6	1 700	1 810
0,14	0,0154	0,1370	1 031,8	1 240	1 320
0,15	0,0177	0,1573	904	1 090	1 160
0,16	0,0210	0,1789	794,5	950	1 020
0,18	0,0256	0,2265	627,8	755	805
0,2	0,0314	0,2796	508,23	610	650
0,23	0,0415	0,3698	384,5	460	490
0,25	0,0491	0,4369	325,4	390	417
0,28	0,0616	0,3480	269,4	310	332
0,3	0,0707	0,6291	226,02	272	290
0,35	0,0962	0,8567	166,0	200	215
0,4	0,1257	1,1184	127,14	153	162
0,45	0,1590	1,4151	100,4	120	128
0,5	0,1963	1,7475	81,530	98	104
0,55	0,2376	2,1145	67,2	81	86
0,6	0,2827	2,5164	58,840	68	73
0,65	0,3318	2,9563	48,1	58	61,6
0,7	0,3848	3,4251	41,514	50	53,2
0,75	0,4418	3,9319	36,1	43,5	46,3
0,8	0,5027	4,4736	31,784	38	40,8
0,9	0,6362	5,6619	25,113	30	32,2
1,	0,7854	6,990	20,342	24,4	26
1,2	1,1310	10,065	14,126	17	18
1,4	1,5394	13,700	10,318	12,4	13,2
1,5	1,7671	15,728	9,040	10,9	11,6
1,6	2,0106	17,895	7,946	9,6	10,2
1,8	2,5447	22,648	6,278	7,5	8,05
2,	3,1416	27,960	5,085	6,1	6,5
2,2	3,8013	33,832	4,202	5,05	5,4
2,5	4,9087	43,688	3,254	3,9	4,17

Poids et résistance des fils d'aluminium.

Diam. du fil nu en mm	Section en mm²	Poids par km	Résistance par km à 20°C
—	—	—	—
1,	0,785	2,120	36,242
1,1	0,950	2,565	29,942
1,2	1,131	3,054	25,155
1,3	1,327	3,583	21,439
1,4	1,539	4,155	18,486
1,5	1,767	4,771	16,101
1,6	2,010	5,427	14,154
1,7	2,269	6,126	12,539
1,8	2,544	6,869	11,183
1,9	2,835	7,655	10,035
2,0	3,141	8,481	9,058
2,1	3,463	9,350	8,215
2,2	3,801	10,263	7,485
2,3	4,154	11,216	6,849
2,4	4,523	12,212	6,290
2,5	4,908	13,252	5,797
3,0	7,068	19,034	4,025
4,0	12,566	33,923	2,264

Tableau fournissant l'encombrement des fils courants en fonction de leur isolement.

Diamètre mm	Nombre de tours au dm		Nombre de tours au cm²	
	émaillé	2 couches coton	émaillé	2 couches coton
—	—	—	—	—
10/100	780	»	5 000	»
13/100	650	»	3 600	»
15/100	580	280	2 800	»
20/100	472	246	1 720	665
25/100	362	208	1 140	515
30/100	312	192	810	413
4/10	220	148	320	250
5/10	184	132	260	142
6/10	150	110	217	134
7/10	132	100	175	108
9/10	104	88	100	73
10/10	92	78	»	62
12/10	80	63	»	48

Les unités

Symboles des unités d'énergie.

Unité	Symbole
Joule	J
Watt-heure	Wh
Kilowatt-heure	kWh
Cheval-vapeur-heure	ch-CV ou HPh
Calorie	cal
Kilocalorie	kcal

Tableau de correspondance des unités d'énergie.

	J	Wh	kWh	HPh	kcal
1 J = ..	1	0,000278	$0{,}278.10^{-6}$	$0{,}378.10^{-6}$	0.00024
1 Wh = ..	3600	1	0,001	0,00136	0,864
1 kw = ..	3600000	1000	1	1,359	864
1 HPh = ..	2646810	736	0,736	1	635,3
1 kcal = ..	4166	1,157	0,001157	0,001575	1

Symboles des unités de température.

Unité	Symbole
Degré	degré
Degré Celsius.	°C
Degré Farenheit	°F
Degré Réaumur.	°R
Degré absolu (Kelvin)	°K

Correspondance entre degrés Celsius (anciennement dénommés centisémaux ou centigrades) et Fahrenheit.

Formule permettant de convertir les degrés Celsius en degrés Fahrenheit :

$$F = 1{,}8\,C + 32$$

Formule inverse servant à passer des degrés Fahrenheit aux degrés Celsius.

$$C = \frac{F - 32}{1,8}$$

$0°C = 32°F \qquad 100°C = 212°F$

Symboles des principales unités de mesure.

Unité	Symbole
Are (100 m²)	a
Bougie décimale	bd
Degré (angle)	°
Dioptrie	δ
Dollar	$
Franc	F
Frigorie	fg
Grade (angle)	gr
Gramme (masse)	g
Heure (temps)	h
Jour	j
Litre (1 dm³)	l
Livre sterling	£
Lumen	lu
Lux	lx
Mètre	m
Mètre carré	m²
Mètre cube	m³
Minute (angle)	′
Minute (temps)	mn
Pièze (pression)	pz
Quintal mét. (100 kg)	q
Seconde (angle)	″
Seconde (temps)	s
Stère (1 m³)	st
Sthène (force)	sn
Thermie (t d'eau)	th
Tonne (1 000 kg)	t

Remarques importantes.

Ecrire les symboles sans « s » au pluriel et sans point final.

Ne pas séparer le symbole du préfixe et celui de l'unité (par exemple décilitre = dl).

Lorsqu'un symbole composé représente le produit de deux symboles, séparer les deux symboles composants par un point signe de la multiplication (cette prescription n'est cependant pas universellement adoptée, par exemple kilogrammètre s'écrit souvent kgm au lieu de kg.m.).

Lorsqu'un symbole composé représente le quotient de deux symboles, séparer les deux symboles composants par une barre inclinée, signe de division (par exemple vitesse en km/h).

Lorsqu'une grandeur est à la fois le produit et le quotient de deux autres, appliquer les deux règles précédentes (par exemple la résistivité électrique s'exprime par Ω cm²/cm).

Les noms d'unités représentant un produit sont séparés par un trait d'union lorsqu'ils sont écrits en entier (par exemple kilowatt-heure).

Symboles des principaux préfixes.

Multiples.

Noms	Valeurs	Symboles
Deca	10 (10^1)	da
Hecto	100 (10^2)	h
Kilo	1 000 (10^3)	k
Myria	10 000 (10^4)	ma
Hecto kilo	100 000 (10^5)	hk
Mega	1 000 000 (10^6)	M
Giga	1 000 000 000 (10^9)	G
Tera	1 000 000 000 000 (10^{12})	T

Sous-multiples.

Déci	0,1	(10^{-1})	d
Centi	0,01	(10^{-2})	c
Milli	0,001	(10^{-3})	m
Décimilli	0,000 1	(10^{-4})	dm
Centimilli	0.000 01	(10^{-5})	cm
Micro	0,000 001	(10^{-6})	μ
Nano	0,000 000 001	(10^{-9})	n
Pico	0,000 000 000 001	(10^{-12})	p

A noter que les préfixes s'inscrivent devant le nom de l'unité sans espace ni trait d'union.

Correspondance des mesures anglaises et américaines au système décimal.

Longueur.

Inch (in)	0,0254 m
Foot (ft)	0,3048
Yard (yd)	0,9144
Mile	1,6093 klm

Surface.

Square inch	6,4516 cm^2
— foot	9,2903 dm^2
— yard	0,836126 m^2
Acre	40,468 a
Square mile	259,0 ha

Poids.

Grain	64,8 mg
Ounce (oz)	28,35 g
Pound (lb)	453,5924 g
Hundredweight (cwt))	50,8 kg
Ton (T)	1 016 kg

Correspondance du système décimal aux mesures anglaises et américaines.

Longueur.

Mètre	39,370113 inches ou 3,280843 feet ou 1,09361425 yard
Kilomètre	0,621371 mile

Surface.

Centimètre carré	0,1550 sq inch
Mètre carré	10,7639 sq feet
Are	119,6 sq yards
Hectare	2,4711 acres

Poids.

Gramme	15,43236 grains
Kilogramme	15,43236 grains
—	35,2739 ounces
—	2.20462 pounds
Tonne métrique	19,6841 cwt ou 0,98421 ton

Tableau de conversion des kilogrammes en pounds

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2,2046	4,4092	6,6139	8,8185	11,023	13,278	15,432	17,637	19,842
10	22,046	24,251	26,456	28,660	30,865	33,069	35,274	37,479	39,683	41,888
20	44,092	46,297	48,502	50,706	52,911	55,116	57,320	59,525	61,729	63,934
30	66,139	68,343	70,548	72,753	74,957	77,162	79,366	81,571	83,776	85,980
40	88,185	90,390	92,594	94,799	97,003	99,208	101,41	103,62	105,82	108,03
50	110,23	112,44	114,64	116,85	119,05	121,25	123,46	125,66	127,87	130,07
60	132,28	134,48	136,69	138,89	141,10	143,30	145,51	147,71	149,91	152,12
70	154,32	156,53	158,73	160,94	163,14	165,35	167,55	169,76	171,96	174,17
80	176,37	178,57	180,78	182,98	185,19	187,39	189,60	191,80	194,01	196,20
90	198,42	200,62	202,83	205,03	207,23	209,44	211,64	213,85	216,05	218,26
100	220,46	222,67	224,87	227,08	229,28	231,49	233,69	235,89	238,10	240,30

Tableau de conversion des pounds en kilogrammes

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		0,45359	0,90718	1,3608	1,8144	2,2680	2,7216	3,1752	3,6287	4,0823
10	4,5359	4,9895	5,4431	5,8967	6,3503	6,8039	7,2575	7,7111	8,1647	8,6183
20	9,0719	9,5254	9,9790	10,433	10,886	11,340	11,793	12,247	12,701	13,154
30	13,608	14,061	14,515	14,969	15,422	15,876	16,329	16,783	17,237	17,690
40	18,144	18,597	19,051	19,504	19,958	20,412	20,865	21,319	21,772	22,226
50	22,680	23,133	23,587	24,040	24,494	24,948	25,401	25,855	26,308	26,762
60	27,216	27,669	28,123	28,576	29,030	29,484	29,937	30,391	30,844	31,298
70	31,751	32,205	32,659	33,112	33,566	34,019	34,473	34,927	35,380	35,834
80	36,287	36,741	37,195	37,648	38,102	38,555	39,009	39,463	39,916	40,370
90	40,823	41,277	41,731	42,184	42,638	43,091	43,545	43,998	44,452	44,906
100	45,359	45,813	46,266	46,720	47,174	47,627	48,081	48,534	48,988	49,442

Tableau pour la conversion des pouces et de leurs fractions en millimètres

Pouces	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0,00	25,40	50,80	76,20	101,6	127,0	152,4	177,8	203,2	228,6	254,0	279,4	304,8
1/16	1,59	26,99	52,39	77,79	103,1	128,6	154,0	179,4	204,8	320.2	255,6	281,0	306,4
1/8	3,18	28,57	53,97	79,37	104,8	130,2	155,6	181,0	206,4	231,8	257,2	282,6	308,0
3/16	4,76	30,16	55,56	80,96	106,4	131,8	157,2	182,6	208,0	233,4	258,8	284,2	309,6
1/4	6,35	31,75	57,15	82,55	108,0	133,4	158,8	184,2	208,6	235,0	260,4	285,7	311,1
5/16	7,94	33,34	58,74	84,14	109,5	134,9	160,3	185,7	211,1	236,5	261,9	287,3	312,7
3/8	9,53	34,92	60,32	85,72	111,1	136,5	161,9	187,3	212,7	238,1	263,5	288,9	314,3
7/16	11,11	36,51	61,91	87,31	112,7	138,1	163,5	188,9	214,3	239,7	265,1	290,5	315,9
1/2	12,70	38,10	63,50	88,90	114,3	139,7	165,1	190,5	215,9	241,3	266,7	292,1	317,5
9/16	14,29	36,69	65,09	90,49	115,9	141,3	166,7	192,1	217,5	242,9	268,3	293,7	319,1
5/8	15,88	41,27	66,67	92,07	117,5	142,9	168,3	193,7	219,1	244,5	269,9	295,3	320,7
11/16	17,46	42,86	68,26	93,66	119,1	144,5	169,9	195,3	220,7	246,1	271,5	296,9	322,2
3/4	19,05	44,45	69,85	95,25	120,7	146,1	171,5	196,9	222,3	247,7	273,1	298,4	323,9
13/16	20,64	46,04	71,44	96,84	122,2	147,6	173,0	198,0	223,8	249,2	274,6	300,0	325,4
7/8	22,23	47,62	73,02	98,42	123,8	149,2	174,6	200,1	225,4	250,8	276,2	301,6	327,0
15/16	23,81	49,21	74,61	100,0	125,4	150,8	176,2	201,6	227,0	252,4	277,8	303,1	328,6

Tableau de conversion des diamètres de fils des jauges en mm

Numéro de la jauge	Diamètre en mm	
	Standard Wire Gauge SWG (anglais)	Brown and Sharpe Gauge BSG (améric.)
0 000 000	12,5	
000 000	11,6	
00 000	10,8	
0 000	10,0	11,684
000	9,3	10,405
00	8,7	9.266
0	8,1	8,254
1	7,5	7,348
2	6,9	6,544
3	6,3	5,827
4	5,8	5,189
5	5,3	4,621
6	4,8	4,115
7	4,4	3,665
8	4,0	3,264
9	3,8	2,906
10	3,2	2,588
11	2,9	2,305
12	2,6	2,053
13	2,3	1,828
14	2,0	1,628
15	1,8	1,540
16	1,6	1,291
17	1,4	1,150
18	1,2	1,024
19	1,0	0,999
20	0,9	0,812
21	0,8	0,723
22	0,7	0,644
23	0,6	0,573
24	0,55	0,510
25	0,50	0,455
26	0,45	0,405
27	0,41	0,360
28	0,37	0,321
29	0,34	0,286
30	0,31	0,255
31	0,29	0,2268
32	0,27	0,2019
33	0,25	0,1798
34	0,23	0,1604

Tableau de conversion des diamètres de fils des jauges en mm *(suite)*

Numéro de la jauge	Diamètre en mm	
	Standard Wire Gauge SWG (anglais)	Brown and Sharpe Gauge BSG (améric.)
35	0,21	0,1426
36	0,19	0,1270
37	0,17	0,1131
38	0,15	0,1007
39	0,135	0,0897
40	0,12	0,0799
41	0,11	
43	0,09	
44	0,08	
45	0,07	
46	0,06	
47	0,055	
48	0,040	
49	0,030	
50	0,025	

Poids spécifiques et fusion

Poids spécifique de différents métaux.

Aluminium.	2,57	kg/dm^3
Argent.	10,5	—
Chrome.	6,6	—
Cuivre	8,9	—
Etain.	7,3	—
Fer	7,8	—
Magnésium	1,7	—
Nickel.	8,3	—
Or	19,3	—
Platine	21,5	—
Plomb	11,37	—
Zinc.	7,1	—

Poids spécifique de quelques autres solides,

Caoutchouc pur.	0,98	kg/dm^3
Cadmium	8,69	—
Liège	0,24	—
Manganèse.	8,01	—
Porcelaine	2,2 à 2,5	—
Quartz	2,65	—
Tungstène.	17,6	—

Point de fusion de différents métaux.

Métal	Point de fusion
—	—
Mercure	— 38,8 °C
Potassium.	63,6
Sodium.	97,7
Bismuth	271
Antimoine.	630
Magnésium.	650
Cérium	800
Calcium	850
Or	1 063
Cuivre.	1 083
Manganèse	1 250
Nickel	1 450
Fer.	1 520
Chrome	1 750
Platine	1 770
Tungstène.	3 300

Point de fusion des soudures et brasures.

Au bismuth : 30 Sn, 30 Pb, 40 Bi . .	125 °C
A l'étain : 50 Pb, 50 Sn	175
Plombiers : 70 Pb, 30 Sn	240
Au cadmium : 40 Zn, 50 Cd	290
A l'argent : 60 Ag, laiton 40. . . .	650
Laffite grise.	765
Laffite jaune	845
Brasure tendre : 60 Cu, 50 Zn . . .	870
Brasure demi-forte : 80 Cu, 20 Zn .	1 000
Brasure forte : 90 Cu, 10 Zn. . . .	1 05.

Ordre de grandeur des fusibles.

1. Fils fusibles en alliage 60 % plomb, 40 % étain.

Diamètre des fils	Intensité d'emploi	Diamètre des fils	Intensité d'emploi
2/10.	0,5 A	12/10.	7,5 A
4/10.	1	13/10.	9
5/10.	1,5	14/10.	10
6/10.	2	15/10.	11
7/10.	3	16/10.	12
8/10.	3,5	17/10.	14
9/10.	4,5	18/10.	15
10/10.	5,5	19/10.	17
11/10.	6,5	20/10.	18

2 Fils d'aluminium.

2/10.	2 A	8/10.	20 A
3/10.	6	9/10.	25
4/10.	10	10/10.	32
5/10.	14	12/10.	40
6/10.	16	14/10.	50
7/10.	18	15/10.	55

En principe les fusibles fondent à une intensité double de celle que nous venons d'indiquer.

Longueur des fusibles.

Pour de petites intensités la longueur des fusibles doit être :

4 cm pour réseau 110 V.
6 cm pour réseau 220 V.

Métaux utilisés comme fusibles.

Métal	Point de fusion
Plomb	326 °C
Aluminium	657
Zinc	417
Argent	960
Etain	226

Coefficient de dilatation linéaire sous l'effet de la chaleur.

Invar	19×10^{-6}
Verre	12×10^{-6}
Fer..	8×10^{-6}
Laiton	1×10^{-6}

Vocabulaire Anglais-Français

Pour faciliter la lecture des revues radioélectriques de langue anglaise.

A

Anglais	Français
Abreast	En dérivation
Absolute Units	Unités absolues
Absorption wavemeter	Ondemètre à absorption
Accessories	Accessoires
Accumulator	Accumulateur
Acoustic	Acoustique
Acoustic waves	Ondes sonores
Active current	Courant efficace
Acyclic	Apériodique
Adjustable	Ajustable
Aerial	Aérien
Aerial receiving	Antenne de réception
Aerial transmitting	Antenne d'émission
Air gap	Entrefer
Airway beacon	Radiophare
Allowable voltage	Tension admissible
Alloy	Alliage
All-wave	Toutes ondes
Alternating current AC	Courant alternatif
Anmeter	Ampèremètre
Analyser	App. Mesure Universel
Ancillary circuit	Circuit auxilliaire
Angle of lead	Décalage
Answer (to)	Répondre
Anode rectifier	Diode, tube redresseur
Apex	Pointe ; sommet d'une courbe
Apparatus	Appareil, appareillage
Apparent power	Puissance apparente
Arc welding	Soudure à l'arc
Area	Surface
Armor	Blindage
Arms	Bras (branche d'un pont)
Artificial Aerial	Antenne artificielle
Asbestos	Amiante
Audio-frequency AF	Fréquence acoustique
Automatic switch	Interrupteur automatique
AW G	Jauge américaine des fils
Axis	Axe

B

Anglais	Français
Back coupling	Réaction
Baffle	Écran de haut-parleur
Banana plug	Fiche banane
Band filter	Filtre de bande
Band-spread	Etalement de bande
Band-stop filter	Filtre éliminateur
Bar magnet	Aimant droit
Bare	Nu
Bay	Baie
Beam	Faisceau
Beam emission	Emission dirigée
Bearing	Relèvement
Beat	Battement
Bedplate	Socle
Bell	Sonnerie
Bending	Courbure
Bias	Polarisation
Bigrid	Bigrille
Binder	Collier, attache
Black-lead	Graphite
Blast	Bruit de souffle
Bleeder	Diviseur de tension
Blip	Top d'écho
Blocking	Arrêt
Board	Tableau
Bobbin	Bobine
Bolt	Boulon
Bracket	Collier de fixation
Branch	Branche, connexion
Brass	Laiton
Breack arc	Arc de rupture
Bridge	Pont
Bridging	Mise en parallèle
Broadcast	Radiodiffuser
Broadcasting	Radiodiffusion
Broadcasting Band	Gamme ondes moyennes
Bronde	Bronze
Brush	Balai
Bulb	Ampoule
Bushing	Passage isolant
Buzzer	Trembleur
By pass	Découplage
By pass transformer	Transfo. de couplage

C

Cable eye	Cosse
Call (W T)	Appel radioélectrique
Call room	Cabine téléphonique

Anglais	Français
Cap	Culot
Capacitor	Capacité, condensateur
Cardboardformer	Tube en carton
Carrier current	Courant porteur
Carrier wave	Onde porteuse
Cast iron	Fonte
Cathodic cross	Trèfle cathodique
Cathodic eye	Œil cathodique
Cathodic rays	Rayons cathodiques
Cell	Elément
Chain	Chaîne
Channel iron	Fer en U
Characteristic curve	Courbe caractéristique
Charging board	Chargeur
Chart	Diagramme, abaque
Cheek	Joue
Choke coil	Bobine d'arrêt
Clad	Blindé
Clamp	Borne, bride
Clearness	Pureté d'un son
Clip	Pince, fiche, cosse
Close coupling	Couplage serré
Closer circuit	Circuit fermé
Coil	Bobine
Coil tap	Prise d'une bobine
Cold cathode	Cathode froide
Common logarithm	Logarithme vulgaire
Connecting up	Mise en circuit
Connector	Serre-fil, borne
Consumption	Consommation
Cooling	Refroidissement
Copper	Cuivre
Copper oxyde rectifier	Redresseur à oxyde de cuivre
Core	Noyau
Coreless	Sans noyau
Counter	Compteur
Cover	Couvercle
Crawling	Accrochage
Crosstalk	Diaphonie
Current	Courant
Current tap	Prise de courant
Curve	Courbe
Cut in (to)	Mettre en circuit
Cut off (to)	Couper le circuit
Cycle	Période
Cyclograp	Oscillographe

D

Damped	Amorti
Damper	Amortisseur

Anglais	Français
Data	Données, cotes
Dead beat	Apériodique
Dead centre	Point mort
Deal	Tableau
Decay coefficient	Coefficient d'amortissement
Decoupling	Découplage
Decrease of current	Diminution de courant
Deep tone	Son grave
Deflection	Déviation
Degree	Degré
Delay	Retard
Desk	Pupitre
Device	Dispositif. Installation
Dial	Cadran
Dip	Flèche
Direct Current DC	Courant continu
Dispatch by (to)	Envoyer par express
Dispatching	Répartiteur
Divide	Diviser
Dot	Point Morse
Down-lead	Descente d'antenne
Drawing	Dessin
Driver	Tube d'attaque
Drop of potential	Chute de tension
Dry	Sec
Dry battery	Piles sèches
Duct	Canalisation
Dummy aerial	Antenne artificielle
Dust core	Noyau en poudre de fer
Dynamosheet	Tôle dynamo

E

Earth	Terre
Earth (to)	Mettre à terre
Ebenit	Ebonite
Eddy currents	Courants parasites
Efficiency	Rendement
Electron multiplier	Multiplicateur d'électrons
Enamel	Email
Engineer	Ingénieur
Erecting track	Chaîne de montage
Erratic noises	Bruits intermittents
Exhaustion	Epuisement, vieillissement
External	Extérieur
Eyelet	Œillet

F

Factor	Facteur, coefficient
Failure	Panne
Fasten (to)	Fixer

Anglais	Français
Fault	Défaut
Fault current	Fuite de la terre
Fedback	Réaction
Feeder	Alimentateur, ligne
Feeding	Alimentation
Field	Champ
Filling	Remplissage
Fine tuning	Accord précis
Fittings	Garniture
Five ping base	Culot à cinq broches
Flange	Bride, flasque
Flat	Plat
Floating	Flottant (marche en tampon)
Focus	Concentration
Focussing coil	Bobine de concentration
Foot	Pied
Forced oscillation	Oscillation forcée
Form factor	Facteur de forme
Former (of coil)	Carcasse de bobine
Frame	Cadre
Free Oscillation	Oscillation libre
Frequency	Fréquence
Frequency changer	Changeur de fréquence
Frequency doubler	Fusible, coupe-circuit
Fuse	Doubleur de fréquence

G

Anglais	Français
Gauge	Gabarit
Gap	Ecartement
Glass	Verre
Glazed wire	Fil émaillé
Glow tube	Tube à décharge
Graduated dial	Cadran gradué
Grid	Grille
Grid bias	Tension de polarisation
Grid leak	Résistance grille
Grid recoil	Recul de grille
Ground (to)	Mettre à la terre
Ground terminal	Borne de terre
Growler	Ronfleur
Guy	Hauban
Guy wire	Fil de hauban

H

Anglais	Français
Half-cycle	Alternance
Half waye rectifier	Redresseur simple effet
Hand-set	Combiné téléphonique
Handle	Manipuler
Hard rays	Rayons X durs
Hard vacuum	Vide poussé

Anglais	Français
Harmonic generator	Générateur d'harmoniques
Head amplifier	Préamplificateur
Head-phone	Casque téléphonique
Heating	Chauffage
Heat (to)	Chauffer
Heaviside layer	Couche d'Heaviside
Heavy current	Courant fort
Height	Hauteur
High-fidelity	Haute fidélité
High-frequency H. F.	Haute fréquence
High power tube	Lampe de grande puissance
High speed telegraph	Télégraphie rapide
High voltage H V	Haute tension
Honeycomb coil	Bobine en nids d'abeille
Hood	Capot
Hoock up	Branchement
Horn	Pavillon
Horning device	Radiocompas
Horse power (H. P)	Cheval-vapeur
Hot	Chaud
Hot cathode	Cathode chaude
Hot wire ammeter	Ampèremètre thermique
Hot wire voltmeter	Voltmètre thermique
Howling	Sifflement
Hum	Ronflement
Hum eliminator	Filtre secteur pour parasites
Humming noise	Bourdonnement

I

Anglais	Français
Idle turn	Spire morte
Ike	Iconoscope
Impregnate (to)	Imprégner
Impulse excitation	Excitation par impulsion
Increase	Augmentation, gain
Indirect heating	Chauffage indirect
Indoor aerial	Antenne intérieure
Induce (to)	Induire
Induced coil	Induit
Induction coil	Bobine d'induction
Inductor	Inducteur
Infra-red	Infra-rouge
Input	Entrée
Insulate (to)	Isoler
Insulated tape	Chatterton
Insulating	Isolant
Insulating power	Pouvoir isolant
Intermediate frequency	Moyenne fréquence
Internal resistance	Résistance interne
Interruptor	Interrupteur
Interstage coupling	Couplage entre étages

Anglais	Français
Interstage transformer	Transformateur de liaison
In tune	Accordé
Inverse feedback	Contre-réaction
Inverse grid current	Courant inverse de grille
Iron	Fer
Iron core	Noyau magnétique
Ironclad	Cuirassé
Iron dust core	Noyau magnétique en poudre de fer
Iron sheet	Tôle de fer
Isolator	Isolateur

J

Anglais	Français
Jamming	Brouillage
Jam-nut	Contre-écrou
Jigger	Autotransformateur
Jumper	Fil volant
Junction	Connexion, branchement
Junction box	Boîte de raccord

K

Anglais	Français
Key	Manipulateur
Key (to)	Manipuler
Key relay	Relais de manipulation
Klirr-factor	Coefficient de distorsion harmonique
Knife switch	Interrupteur à couteau
Knob	Bouton
Kuweled knob	Bouton molleté

L

Anglais	Français
Label	Étiquette
Lag	Retard de phase
Laminater	Feuilleté
Lamp	Lampe
Landing beam beacon	Radiophare d'atterrissage
Lay out	Schéma de montage
Layer	Couche
Layer winding	Bobinage en fil rangé
Lead	Plomb
Lead (angle of)	Angle d'avance de phase
Lead battery	Batterie au plomb
Leadin	Entrée de poste
Leak	Dérivation
Leakage	Dispersion, fuite
Level	Niveau
Light	Lumière
Light bulb	Ampoule d'éclairage
Lightning arrester	Parafoudre

Anglais	Français
Line	Ligne
Line cord	Auditeur
Listener	Poste d'écoute
Listening in station	Fils à brins multiples (fil de Litz)
Litz-en-draht wire	Cordon d'alimentation
Load	Charge
Lock	Grandes ondes
Long wawes (L. W.)	Serrure
Loop	Boucle
Loose (to)	Déclencher
Loss	Perte
Loss angle	Angle de pertes
Loudspeaker	Haut-parleur
Lover	Amateur
Low frequency (LF)	Basse fréquence
Low pass filter	Filtre passe-bas
Low tension (L T)	Basse tension
Lower (to)	Abaisser
Lug	Cosse
Lumped voltage	Tension d'attaque

M

Anglais	Français
Magie eye	Œil magique
Magnet	Aimant
Magnet yoke	Culasse magnétique
Magnetic field	Champ magnétique
Magnetic switch	Disjoncteur
Magnetic tape	Ruban magnétique
Magnetomotive force (M.M.F.)	Force magnétomotrice
Magnification of the circuit	Coefficient de surtension
Magnitude	Grandeur
Mains aerial	Antenne réseau
Mains hum	Ronflement du réseau
Mains set	Poste secteur
Man-made interference	Parasites industriels
Master oscillator (MO)	Pilote
Matching transformer	Transformateur d'adaptation
Mean	Moyen
Measure (to)	Mesurer
Measuring instrument	Instrument de mesure
Medium frequency wawes	Ondes moyennes
Mercury arc rectifier	Redresseur à vapeur de mercure
Metal rectifier	Redresseur métallique
Metal tube	Tube tout métal
Meter	Compteur
Metric measure	Mesure métrique
Midget receiver set	Récepteur miniature
Mil	Millième du pouce anglais 0,0254 mm
Mixer	Mélangeur

Anglais	Français
Mixing valve	Lampe changeuse de fréquence
Modulated continous wave (M C W)	Onde entretenue modulée
Modulated current	Courant modulé
Motion	Mouvement
Motor boating	Bruit de moteur de bateau
Mounting	Montage
Mounting panel	Panneau d'assemblage
Motion of ions	Mouvement ionique
Moving coil	Bobine mobile
Moving coil anmeter	Ampèremètre à cadre
Moving iron anmeter	Ampèremètre à fer doux
Multigrid valve	Tube à plusieurs grilles
Mush	Ronflement
Mute antenna	Antenne artificielle
Mutual conductance	Pente d'un tube

N

Napier	Neper
Natural static	Parasites atmosphériques
Needle	Aiguille de pick-up
Network	Réseau
Neutral position	Point mort
Nickel silver	Maillechort
Noise	Bruit
Noise trap	Eliminateur de parasites
Nominal frequency	Fréquence nominale
Nul indicator	Indicateur de zéro

O

Octal socket	Support de tube
Offset (to)	Décaler, compenser
Ohmmeter	Ohmmètre
Omni directional antenna	Antenne non dirigée
Open circuit	Circuit ouvert
Open corre	Noyau ouvert
Opening	Ouverture
Oscillator	Générateur
Oscillatory circuit	Circuit oscillateur
Out	Hors
Out flow	Débit
Out of circuit	Hors circuit
Out of phase	Déphasage
Output	Sortie
Over	Sur
Overall gain	Amplification totale
Overcharge	Surcharge
Overhead	Aérien
Overtone	Harmonique
Overvoltage	Surtension

P

Anglais	Français
Padding condenser	Condensateur d'appoint
Paper	Papier
Pass band	Bande passante
Pattern	Diagramme
Peack	Crête
Peack current	Courant de crête
Permanent magnet	Aimant permanent
Phase inverter	Tube déphaseur
Phonautograp	Oscillographe
Phone motor	Tourne-disque
Photo electric cell	Cellule photo-électrique
Pie winding	Bobinage en galette
Pin	Broche
Plan position Indicator (P.P.I.)	Grille de repérage dans les radars
Plant layout	Schéma
Plate	Plaque
Platinum	Platine
Plug	Broche, prise de courant
Plumb	Plomb
Plunger	Plongeur à noyau mobile
Potential difference (P D)	Différence de potentiel
Potential drop	Chute de tension
Pot magnet	Culasse de haut-parleur
Power	Puissance
Power amplifier	Amplificateur de puissance
Power corde	Cordon d'alimentation
Power grid detection	Détection de puissance par la grille
Power input	Puissance d'entrée
Power output	Puissance de sortie
Power station	Usine génératrice
Pressed stee stamping	Tôle emboutie
Primary	Primaire
Prime mover	Moteur d'entraînement
Propagate (to)	Se propager
Pulse	Impulsion (top)
Pulsing	Emission d'impulsion
Push button	Bouton-poussoir
Push-pull	Amplificateur à tubes en opposition
Put through (to)	Brancher
Putty	Mastic

Q

Anglais	Français
Quarter wawe aerial	Antenne en quart d'onde
Quatz controled transmitter	Emetteur stabilisé par quartz
Quenching	Extinction
Quiet automatic volume control	Antifading à réglage silencieux

R

Anglais	Français
Rack	Bâti d'appareils
Radar	Détecteur électromagnétique
Radiated power	Puissance rayonnée
Radio aids to navigation	Radioguidage
Radio-frequency	Haute fréquence
Radio-gram	Meuble radio-phono
Radio link	Liaison radio
Radio transmitter	Station d'émission
Rate	Régime
Rated current	Courant nominal
Rated power	Puissance nominale
Rated voltage	Tension nominale
Ray	Rayon
Reactive load	Charge réactive
Reading	Lecture
Receiver	Récepteur
Receiving loop	Cadre
Rectified current	Courant redressé
Rectifier	Redresseur
Red brass	Laiton
Reflected wave	Onde réfléchie
Regenerative circuit	Montage à réaction
Relay	Relais
Remote control	Télécommande
Repeating coil	Translateur
Residual magnetization	Aimantation rémanente
Resin	Résine
Resistance coupled	Couplage par résistance
Response curve	Courbe de réponse
Reversed a feedback	Contre-réaction
Reversing switch	Inverseur
Ribbon microphone	Microphone à ruban
Ring transformer	Transformateur toroïdal
Ripple current	Courant ondulé
Rotary antenna	Antenne tournante
Rotary converter	Convertisseur rotatif
Rotating loop	Cadre tournant
Rubber	Caoutchouc
Running	Fonctionnement
Rupturing voltage	Tension disruptive

S

Sag	Flèche
Sash	Châssis
Scaling	Démultiplication
Scanning	Exploration, balayage
Scattering	Dispersion
Screen	Ecran
Screened down lead	Descente d'antenne blindée
Secondary	Secondaire

Anglais	Français
Self bias	Polarisation automatique
Sender	Emetteur
Ship direction finder	Radiogoniomètre de navire
Short (to)	Court-circuiter
Short circuit	Court-circuit
Short wawe coil	Bobine pour ondes courtes
Short wawes (SW)	Ondes courtes
Signal generator	Générateur étalonné
Signal to noise ratio	Rapport signal/bruit
Silicon	Silicium
Silver	Argent
Single band	Bande unique
Single phase	Monophasé
Skin effet	Effet pelliculaire
Sky wave	Onde réfléchie
Slider	Curseur
Socket	Socle
Soldering iron	Fer à souder
Sound	Son
Sound reception	Lecture au son
Space charge	Charge d'espace
Specific gravity	Densité
Speech	Parole
Speech amplifier	Amplificateur microphonique
Splice	Epissure
Spot	Point d'impact
Stamping	Estampage
Steel	Acier
Sundry	Divers
Supply	Alimentation
Switch	Interrupteur
Symmetrical deflexion	Déviation symétrique

T

Tapped transformer	Transformateur à prises
Terminal	Borne
Test oscillator	Oscillateur de mesure
Three phase current	Triphasé
Tight coupling	Couplage serré
Time base	Base de temps
Tin	Etain
Tip	Extrémité
Transceiver	Emetteur-récepteur OTC
Transformer	Transformateur
Transformer coupling	Couplage par transformateur
Tumbler switch	Interrupteur à bascule
Tuned	Accordé
Tuning coil	Bobine d'accord
Tuning condenser	Condensateur d'accord
Turn-ampere	Ampère-tour
Two-wire	Bifilaire

U

Anglais	Français
Ultra short waves (U.S W.)	Ondes ultra-courtes
Ultra sound	Ultrason
Unfed	Non alimenté
Useful power	Puissance utile

V

Anglais	Français
Vacuum	Vide
Vacuum tube	Tube à vide
Variable condenser	Condensateur variable
Varnish	Vernis
Vibrator	Vibreur
Video frequency amplifer	Amplificateur de télévision
Voice frequency	Fréquence vocale
Voltage cut-out	Coupe-circuit
Voltage drop	Chute de tension
Voltage surge	Surtension
Volution	Spéciale

W

Anglais	Français
Wall socket	Prise de courant
Water cooling	Refroidissement à eau
Watertight	Etanche
Wattmeter	Wattmètre
Wave collector	Collecteur d'onde
Wave length	Longueur d'onde
Wave range switch	Commutateur de gammes d'onde
Wet electrolyse condenser	Condensateur électrolytique humide
Winding	Enroulement
Wireless	Sans fil
Wireless operator	Radiotélégraphiste
Wireless telegraphy (W T)	Télégraphie sans fil
Working point	Point de fonctionnement ou d'application
Working voltage	Tension de service

X

Anglais	Français
X P S (expanding selector)	Dispositif de sélectivité variable
X-ray	Rayons X
X' s	Parasites atmosphériques
Xtal	Cristal

Y

Anglais	Français
Yard	Unité
Yoke	Culasse

Z

Anglais	Français
Zepp antenna	Antenne zeppelin
Zero beat	Synchronisme
Zero capacity	Capacité résiduelle

Abréviations usuelles en radio.

	Français	Anglais
Grandes ondes	GO	LW
Petites ondes	PO	MW
Ondes courtes	OC	SW
Basse fréquence	BF	AF ou LF
Moyenne fréquence	MF ou FI	IF
Haute fréquence	HF	HF
Ultra haute fréquence	UHF	VHF
Haute tension	HT	HT
Basse tension	BT	LT
Haut-parleur	HP	LS
Pick-up	PU	PU
Commande automatique de volume	CAV	AVC
Commande automatique de fréquence	CAF	AFC
Polarisation	Pol.	GB
Courant continu	CC	DC
Courant alternatif	CA	AC
Différence de potentiel	ddp	PD
Condensateur	C	C
Résistance	R	R
Inductance	L	L
Tension filament	Vf	Vf
Tension d'anode	Va	Va
Tension grille	Vg	Vg
Modulation d'amplitude	AM	AM
Modulation de fréquence	FM	FM

SIXIÈME PARTIE

ÉLÉMENTS DE MATHÉMATIQUES

Symboles mathématiques

$\cong$ ou $\doteq$ approximativement égal.
$\neq$ différent de.
$\equiv$ égal par définition.
$<$ inférieur à.
$>$ supérieur à.
% pour cent.
‰ pour mille.

Lorsque le dernier chiffre d'un nombre est écrit en caractères plus petits, ceci indique que son exactitude n'est pas certaine.

Arithmétique

Proportions.

Si $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$, il est possible d'écrire :

$$\frac{a}{b} = \frac{a \pm c}{a \pm d}$$

d'où

$$\frac{a \pm b}{b} = \frac{c \pm d}{d}$$

Extraction de la racine carrée à moins de $\frac{1}{n}$ près.

Exemple concert: soit à déterminer la racine carrée de 22 à $\frac{1}{5}$ près

Le nombre cherché est égal à $\frac{x}{5}$ et nous pouvons poser :

$$\left(\frac{x}{5}\right)^2 < 22 < \left(\frac{x+1}{5}\right)^2$$

... déduire que : $x^2 < 19 \times 5^2 < (x + 1)^2$

x est donc à 1 près la racine carrée de 550.

$$x = \sqrt{550} = 23$$

La racine de 22 à 1/5 près est donc de $\frac{23}{5}$.

Progressions.

1. Progressions arithmétiques.

$a\,;\,a + r\,;\,a\;2\,r\,;\,a + 3\,r \ldots\, a + (n - 1)\,r$

a = premier terme ; r = raison ; n = le nombre de termes

Valeur du dernier terme ; $t = a + (n - 1)\,r$.

Somme des n premiers termes: $S = \frac{(a + t)\,n}{2}$.

2. Progression géométrique.

Elle est de forme

$$a\,;\,aq\,;\,aq^2 \ldots aq^{n-1}$$

a = premier terme, q = raison, n = le nombre de termes.

Valeur du dernier terme $t = aq^{n-1}$

Somme des n premiers termes : $\frac{a\,(q^n - 1)}{q - 1}$.

Somme des termes en nombre infini lorsque $q < 1$;

$$S = \frac{a}{1 - q}$$

Exemples de sommes de progressions.

Somme des n premiers nombres de 1 à n :

$$(1 + 2 + 3 + 4 + 5 \ldots + (n - 1)\;\; + n = \frac{(1 + n)n}{2}$$

Somme des n premiers nombres impairs de 1 à $(2\,n - 1)$;

$$1 + 3 + 5 + 7 + 9 \ldots + (2\,n - 3) + (2\,n - 1) = n^2.$$

Somme des n premiers nombres pairs jusqu'à $2\,n$:

$$2 + 4 + 6 + 8 + 10 \ldots + (2\,n - 2) + 2\,n = (1 + n)\,n.$$

Somme des carrés des n premiers nombres:

$$+ 2^2 + 3^2 + 4^2 + 5^2 \ldots + \quad - 1)^2 + n^2 = \frac{n\,(n + 1)\,(2\,n + 1)}{6}.$$

Table des racines carrées des nombres de 1 à 100.

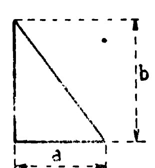
N	Racines	N	Racines	N	Racines
2	1,414 213 6	35	5,916 079 8	68	8,246 211 3
3	732 050 8			69	306 623 9
		37	6,082 762 5	70	366 600 3
5	2,236 068 0	38	164 414 0	71	426 149 8
6	449 489 7	39	244 998 0	72	485 281 4
7	645 751 3	40	324 555 3	73	544 003 7
8	828 427 1	41	403 124 2	74	602 325 3
		42	480 740 7	75	660 254 0
10	3,162 277 7	43	557 438 5	76	717 797 9
11	316 624 8	44	633 249 6	77	774 964 4
12	464 101 6	45	708 203 9	78	831 760 9
13	605 551 3	46	782 330 0	79	888 194 4
14	741 657 4	47	855 654 6	80	944 271 9
15	872 983 3	48	928 203 2		
				82	9,055 385 1
17	4 123 105 6	50	7,071 067 8	83	110 433 6
18	242 640 7	51	141 428 4	84	165 151 4
19	358 898 9	52	211 102 6	85	219 544 5
20	472 136 0	53	280 109 9	86	273 618 5
21	582 575 7	54	348 469 3	87	327 379 1
22	690 415 8	55	416 198 4	88	380 831 5
23	795 831 5	56	483 314 8	89	433 981 1
24	898 979 5	57	549 839 4	90	486 833 0
		58	615 773 1	91	539 392 0
26	5,099 019 5	59	681 145 7	92	591 663 0
27	190 152 4	60	745 966 7	93	643 650 8
28	291 502 6	61	810 249 7	94	695 359 7
29	385 164 8	62	874 007 9	95	746 794 3
30	477 225 6	63	937 253 9	96	797 959 0
31	567 764 4			97	848 857 8
32	656 854 2	65	8,062 957 7	98	899 494 9
33	744 562 6	66	124 038 4	99	949 874 4
34	830 951 9	67	185 352 8		

Racines carrées et cubiques de fractions usuelles.

n	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
1/3	0,5773	0,6933	1/8	0,3535	0,5000
2/3	0,8165	0,8735	3/8	0,6123	0,7211
1/4	0,5000	0,6299	5/8	0,7905	0,8549
3/4	0,8660	0,9085	7/8	0,9354	0,9564
1/6	0,4082	0,5503	1/9	0,3333	0,4807
5/6	0,9128	0,9410	2/9	0,4714	0,6057
1/7	0,3779	0,5227	4/9	0,6666	0,7631
2/7	0,5345	0,6586	5/9	0,7453	0,8220
3/7	0,6546	0,7539	7/9	0,8819	0,9196
4/7	0,7559	0,8298	1/12	0,2886	0,4367
5/7	0,8451	0,8939	5/12	0,6455	0,7469
6/7	0,9258	0,9499	7/12	0,7637	0,8355

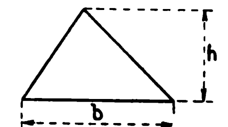
Géométrie

Surfaces



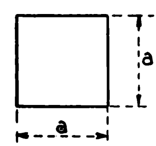
Triangle rectangle.

$$S = \frac{a\,b}{2}$$



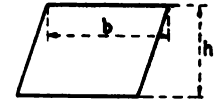
Triangles quelconques.

$$S = \frac{b\,h}{2}$$



Carré.

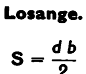
$$S = a^2$$



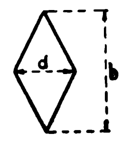
Parallélogramme.

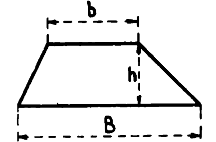
$$S = b\,h$$

Losange.



$$S = \frac{d\,b}{2}$$



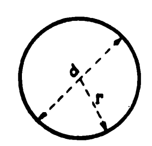


Trapèze.

$$S = \frac{(B + b)\,h}{2}$$

Cercle.

$$S = \pi\, r^2 = \pi \frac{d^2}{4} = 0{,}785\, d^2$$



Secteur circulaire.

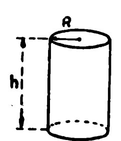


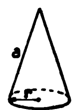
$$S = \frac{\pi\, R^2\, N}{360}$$

N= nombre de degrés de l'arc AB.

Cylindre droit à base circulaire.

Surface latérale = $2\,\pi\, R\, h$





Cône droit à base circulaire.

Surface latérale = $\pi\, R\, a$

Sphère.

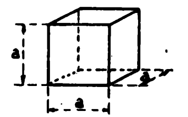
$$S = 4\,\pi\, R^3$$

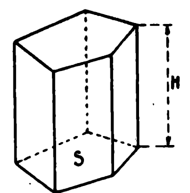
Volumes



Cube.

$V = a^3$



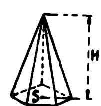


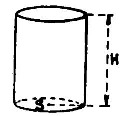
Parallélépipède droit.

V = Surface S × H

Pyramide.

$$V = \frac{1}{3} S\,H$$



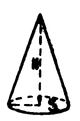


Cylindre droit à base circulaire.

$$V = S\,H = \pi\,R^2 H$$

Cône droit à base circulaire.

$$V = \frac{S\,H}{3} = \frac{\pi\,R^2\,H}{3}$$



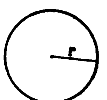


Tronc de cône à bases parallèles.

$$V = \frac{\pi\,H}{3}\,(R^2 + r^2 + R\,r)$$

Sphère.

$$V = \frac{\pi\,d^3}{6} = 0{,}5236\,d^3$$



Trigonométrie

Signes des lignes trigonométriques d'arcs terminés aux différents quadrants.

Lignes trigonométriques	1er quadrant	2e quadrant	3e quadrant	4e quadrant
Sinus, cosécante...	+	+	—	—
Tangente, cotange.	+	—	+	—
Sécante, cosinus...	+	—	—	+

Relations fondamentales entre lignes trigonométriques.

$$\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1 \qquad \operatorname{tg}\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} \qquad \sec\alpha = \frac{1}{\cos\alpha}$$

$$\operatorname{cotg}\alpha = \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} \qquad \text{coséc}\,\alpha = \frac{1}{\sin\alpha}$$

des relations précédentes les suivantes sont déduites :

$$\operatorname{tg}\alpha \times \cot\alpha = 1 \qquad \sin\alpha \times \text{coséc}\,\alpha = 1 \qquad \cos\alpha \times \sec\alpha = 1$$

$$\sec^2\alpha = 1 + \operatorname{tg}^2\alpha \qquad \text{coséc}^2\,\alpha = 1 + \cot^2\alpha$$

$$\cos\alpha = \frac{1}{\pm\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\alpha}} \qquad \sin\alpha = \frac{1}{\pm\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\alpha}}$$

$$\sec\alpha = \pm\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\alpha} \qquad \text{coséc}\,\alpha = \frac{\pm\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\alpha}}{\operatorname{tg}\alpha}$$

Addition, soustraction, multiplication et division.

$$\sin(a+b) = \sin a\cos b + \cos a \sin b\,;$$

$$\sin(a-b) = \sin a\cos b - \cos a \sin b\,;$$

$$\cos(a+b) = \cos a\cos b - \sin a \sin b\,;$$

$$\cos(a-b) = \cos a\cos b + \sin a \sin b\,;$$

$$\operatorname{tg}(a+b) = \frac{\operatorname{tg}a + \operatorname{tg}b}{1 - \operatorname{tg}a\operatorname{tg}b}$$

$$\operatorname{tg}(a-b) = \frac{\operatorname{tg}a - \operatorname{tg}b}{1 + \operatorname{tg}a\operatorname{tg}b}\,;$$

$$\sin 2a = 2\sin a\cos a\,;$$

$$\cos 2a = \cos^2 a - \sin a$$

$$\operatorname{tg} 2a = \frac{2\operatorname{tg}a}{1-\operatorname{tg}^2 a}$$

$\sin 2a = \frac{2 \operatorname{tg} a}{1 + \operatorname{tg}^2 a}$;

$\cos 2a = \frac{1 - \operatorname{tg}^2 a}{1 + \operatorname{tg}^2 a}$;

$\operatorname{tg} 2a = \frac{2 \operatorname{tg} a}{1 - \operatorname{tg}^2 a}$;

$\operatorname{séc} 2a = \frac{1 + \operatorname{tg}^2 a}{1 - \operatorname{tg}^2 a}$;

$\sin \frac{a}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 - \cos a}{2}}$;

$\cos \frac{a}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 + \cos a}{2}}$;

$\operatorname{tg} \frac{a}{2} = + \sqrt{\frac{1 - \cos a}{1 + \cos a}}$.

Valeurs des lignes trigonométriques d'angles simples.

$\sin 0 = 0$	$\cos 0 = 1$	$\operatorname{tg} 0 = 0$
$\sin \frac{\pi}{6} = \frac{1}{2}$	$\cos \frac{\pi}{6} = \frac{\sqrt{3}}{2}$	$\operatorname{tg} \frac{\pi}{6} = \frac{\sqrt{3}}{3}$
$\sin \frac{\pi}{3} = \frac{\sqrt{3}}{2}$	$\cos \frac{\pi}{3} = \frac{1}{2}$	$\operatorname{tg} \frac{\pi}{3} = \sqrt{3}$
$\sin \frac{\pi}{2} = 1$	$\cos \frac{\pi}{2} = 0$	$\operatorname{tg} \frac{\pi}{2} =$ l'infini

Relations entre les éléments du triangle.

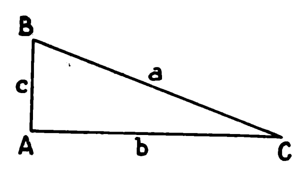
1. Triangles rectangles.

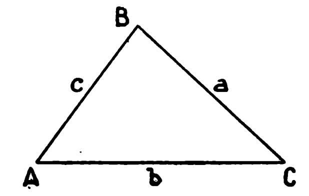
(A = 90°)

$b = a \sin B = a \cos C$

$b = c \operatorname{tg} B = c \operatorname{cotg} C$

$a^2 = b^2 + c^2$





2. Triangles quelconques.

$\frac{\sin A}{a} = \frac{\sin B}{b} = \frac{\sin C}{c}$

$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$

$a = b \cos C + c \cos B$

Résolution des triangles.

I. Triangles rectangles.

Données	Formules
a, B	$C = 90^\circ - B$ $b = a \sin B \qquad c = a \cos B$ $\text{Surface} = \frac{1}{4} a^2 \sin 2B$
b, B	$C = 90^\circ - B$ $a = \frac{b}{\sin B} \qquad c = b \operatorname{cotg} B$ $\text{Surface} = \frac{b\,c}{2} = \frac{b^2 \operatorname{cotg} B}{2}$
a, b	$C = 90^\circ - B$ $\sin B = \frac{b}{a} \qquad c = b \operatorname{cotg} B$ $\text{Surface} = \frac{b}{2}\sqrt{a^2 - b^2}$
b, c	$\text{ta } B = \frac{b}{c} \qquad C = 90^\circ - B$ $a = \frac{b}{\sin B}$ $\text{Surface } \frac{b\,c}{2}$

2. Triangles quelconques.

a, B, C	$A = 180^\circ - (B + C)$ $b = \frac{a \sin B}{\sin A} \qquad c = \frac{a \sin C}{\sin A}$ $\text{Surface} = \frac{a^2 \sin B \sin C}{2 \sin A}$

Données	Formules
a, b, C	$\frac{1}{2}(\mathrm{A}+\mathrm{B}) = 90^\circ - \frac{1}{2}\mathrm{C}$ $\mathrm{tg}\,\frac{1}{2}(\mathrm{A}-\mathrm{B}) = \frac{a-b}{a+b}\,\mathrm{cotg}\,\frac{1}{2}\mathrm{C}$ $\mathrm{Surface} = \frac{1}{2}\,a\,b\,\sin \mathrm{C}$
a, b, A	$\sin \mathrm{B} = \frac{b \sin \mathrm{A}}{a}$ $\quad \mathrm{C} = 180^\circ - (\mathrm{A}+\mathrm{B})$ $c = \frac{\sin \mathrm{C}}{\sin \mathrm{A}}\,a$ $\mathrm{Surface} = \frac{a\,b \sin \mathrm{C}}{2}$
a, b, c, $(a+b+c) = 2p$	Il existe deux solutions : $\mathrm{tg}\,\frac{\mathrm{A}}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-a)}{p(p-a)}}$ $\mathrm{tg}\,\frac{\mathrm{B}}{2} = \sqrt{\frac{(p-c)(p-c)}{p(p-b)}}$ $\mathrm{tg}\,\frac{\mathrm{C}}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)}{p(p-c)}}$ $\mathrm{Surface} = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$ rayon du cercle inscrit = r $r = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)(p-c)}{p}}$ rayon du cercle circonscrit = R $\mathrm{R} = \frac{a\,b\,c}{4\,\mathrm{S}}$

Récapitulation de la transformation réciproque des fonctions

Sinus α

$$= \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{\text{tg}\,\alpha}{\sqrt{1 + \text{tg}^2 \alpha}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{cotg}^2 \alpha}}$$

$$= \frac{\sqrt{\sec^2 \alpha - 1}}{\sec \alpha} = \frac{1}{\text{cosec}\,\alpha}$$

Cosinus α

$$= \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{tg}^2 \alpha}} = \frac{\text{cotg}\,\alpha}{\sqrt{1 + \text{cotg}^2 \alpha}}$$

$$= \frac{1}{\sec \alpha} = \frac{\sqrt{\text{cosec}^2 \alpha - 1}}{\text{cosec}\,\alpha}$$

Tangente α

$$= \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha} = \frac{1}{\text{cotg}\,\alpha}$$

$$= \sqrt{\sec^2 \alpha - 1} = \frac{1}{\sqrt{\text{cosec}^2 \alpha - 1}}$$

Cotangente α

$$= \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{\sin \alpha} = \frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}} = \frac{1}{\text{tg}\,\alpha}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\sec^2 \alpha - 1}} = \sqrt{\text{cosec}^2 \alpha - 1}$$

Sécante α

$$= \frac{1}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{1}{\cos \alpha} = \sqrt{1 - \text{tg}^2 \alpha}$$

$$= \frac{\sqrt{1 + \text{cotg}^2 \alpha}}{\text{cotg}\,\alpha} = \frac{\text{cosec}\,\alpha}{\sqrt{\text{cosec}^2 \alpha - 1}}$$

Cosécante α

$$= \frac{1}{\sin \alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}} = \frac{\sqrt{1 + \text{tg}^2 \alpha}}{\text{tg}\,\alpha}$$

$$= \sqrt{1 + \text{cotg}^2 \alpha} = \frac{\sec \alpha}{\sqrt{\sec^2 \alpha - 1}}$$

Algèbre

Définitions préliminaires.

Monome : expression algébrique n'ayant qu'un terme.

Ex. : $3\,ab$

Binôme : expression algébrique composée de deux termes.

Ex. : $a + 3\,b$

Polynôme : expression algébrique composée de plusieurs termes.

Ex. : $a^2 + 3\,b + 4\,ab$

Les **termes** affectés du signe + sont **positifs.**
Les **termes** affectés du signe — sont **négatifs.**
Un terme précédé d'aucun signe est censé être positif.

Additions.

$$a + b = b + a$$
$$-a - b = -b - a$$

Multiplications.

$$a.\,b = b.\,a$$
$$a\,(-b) = -ab$$
$$-a\,(-b) = +ab$$

Divisions.

$$\frac{-a}{b} = \frac{a}{-b} = -\frac{a}{b}$$
$$\frac{-a}{-b} = +\frac{a}{b}$$

Divisibilité exprimée par $\frac{a^m \pm b^n}{a \pm b}$.

$a^m - b^m$ est toujours divisible par $a - b$.
$a^m - b^m$ est divisible par $a + b$ quand m est pair.
$a^m + b^m$ n'est jamais divisible par $a - n$.
$a^m + b^m$ est divisible par $a + b$ quand m est impair.

Cas particuliers intéressants :

$$\begin{cases} a^2 - b^2 = (a - b)\,(a + b). \\ a^3 - b^3 = (a - b)\,(a^2 + ab + a^2). \\ a^3 + b^3 = (a + b)\,(a^2 - ab + b^2). \end{cases}$$

Puissances.

$$a^m a^n = a^{m+n} \qquad \frac{a^m}{a^n} = a^{m-n} = \frac{1}{a^{n-m}}$$

$$a^m b^m = (ab)^m \qquad \frac{a^m}{b^m} = \left(\frac{a}{b}\right)^m$$

$$\frac{1}{a^m} = \left(\frac{1}{a}\right) = a^{-m} \qquad (a^m)^n = (a^n)^m.$$

Radicaux.

$$\sqrt[m]{ab} = \sqrt[m]{a}\sqrt[m]{b} \qquad \sqrt[m]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[m]{a}}{\sqrt[m]{b}}$$

$$\sqrt[m]{\frac{1}{a}} = \frac{1}{\sqrt[m]{a}} = a^{-\frac{1}{m}}$$

$$\sqrt[m]{a^n} = \sqrt[mp]{a^p} = \sqrt[\frac{m}{q}]{a^{\frac{n}{q}}} = a^{\frac{n}{m}} = \sqrt[\overline{u}]{a}$$

$$\sqrt[m]{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[mn]{a} = \sqrt[n]{\sqrt[m]{a}}$$

$$\sqrt{a^2} = \pm a \qquad \sqrt[n]{a} = \pm a^{\frac{1}{2n}} \qquad \sqrt[2n+1]{-a} = -a^{\frac{1}{2n+1}}$$

Résolution des équations.

Résolution d'une équaiton du premier degré à une inconnue

$$a x + b = c \qquad x = \frac{c - b}{a}$$

Résolution d'un système d'équation du premier degré à deux inconnues

$$\begin{cases} a x + b y = c \\ a' x + b' y = c \end{cases} \qquad \begin{cases} x = \dfrac{c b' - b c'}{a b' - b a'} \\ y = \dfrac{a c' - c a'}{a b' - b a'} \end{cases}$$

Résolution d'une équation du second degré à une inconnue

$$a x^2 + b x + c = 0$$

$$x' = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4 a c}}{2 a}$$

$$x'' = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 a c}}{2 a}$$

Les deux racines x' et x'' satisfont aux égalités

$$x' + x'' = -\frac{b}{a} \text{ et } x'\,x'' = \frac{c}{a}$$

Résolution d'une équation bicarrée

$$a\,x^4 + b\,x^2 + c = 0$$

$$x = \pm\sqrt{\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4\,a\,c}}{2\,a}}$$

En associant des quatre manières possibles les signes placés devant les radicaux on trouve les quatre valeurs de x.

Logarithmes

Soit : $a^x = y$

x représente le logarithme de y dans un système dont la base est a

$$\log a\,b\,c = \log a + \log b + \log c$$

$$\log \frac{a}{b} = \log a - \log b$$

$$\log \sqrt{a} = \frac{1}{2} \log a$$

Les logarithmes vulgaires ou décimales ont pour base 10.

Les logarithmes népériens ont pour base le nombre représenté par e et tel que

$$e = 1 + \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = 2{,}718281828459$$

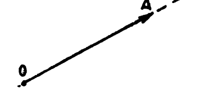
log vulgaire e = 0,4342944819......... = M

$$\frac{1}{e} = 0{,}367879$$

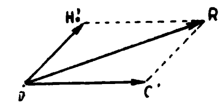
$$\frac{1}{\log} e = 2{,}30259$$

Vecteurs

Un vecteur libre est un segment de droite possédant outre sa valeur quantitative, une direction et un sens déterminés. La droite O A représente un vecteur et se caractérise par le symbole $\overrightarrow{OA}$. Une grandeur vectorielle doit donc être soulignée.



Somme géométrique de deux vecteurs.



$$\overrightarrow{OR} = \overrightarrow{OC'} + \overrightarrow{OH'}$$

OC′ et OH′ sont dits « vecteurs composants » de OR.

Lorsque deux vecteurs sont disposés comme indiqué sur la figure ci-dessous si le vecteur OA, à droite du point O, est positif, OB est négatif.

Soit a la longueur de chaque segment

$$OA = + a$$
$$OB = - a$$

Faire tourner un vecteur de 180 degrés (ou d'un demi-tour), c'est-à-dire passer de $+ a$ à $- a$, revient à multiplier $+ a$ par $- 1$.

$$+ a (- 1) = - a$$

L'opération ayant pour but la rotation d'un vecteur s'indique par le symbole j.

Lorsqu'il s'agit de faire tourner de 90 degrés un vecteur il convient de le multiplier par $+ j$ lorsque le déplacement s'opère de OA vers OC en sens inverse des aiguilles d'une montre et par $- j$ pour l'autre sens de 0.

Multiplier un nombre deux fois de suite par j revient à le faire passer d'une valeur positive à une valeur négative.

On démontre que

$$j = \sqrt{-1}$$

$\sqrt{-1}$, représente un nombre impossible à calculer : **un nombre imaginaire.**

Principales relations en fonction de j.

$$j^2 = -1$$
$$-j^2 = 1$$
$$(-j)(-j) = j^2$$
$$j^3 = -j$$
$$-j = \frac{1}{j}$$

$$\frac{1}{j} = -j$$
$$\frac{1}{j^2} = -1$$
$$\frac{1}{-j^2} = -\frac{1}{j^2} = 1$$
$$j^4 = +1$$

Equation vectorielle du courant.

$$e = i\,R + j\,i\,x = i\,(R + j\,x)$$

$R + j\,x$ représente l'impédance complexe ou impédance vectorielle L'impédance complexe est désignée par z — Dans ces conditions nous pouvons poser :

$$e = i\,z$$

Quelques nombres usuels.

$$\pi = 3,\ 141\ 592\ 7$$
$$\pi^2 = 9,\ 869\ 604\ 4$$
$$\sqrt{\pi} = 1,\ 772\ 453\ 9$$
$$\log \pi = 0,\ 497\ 149\ 9$$
$$e = 2,\ 718\ 281\ 828\ 5$$
$$\log e = 0,\ 434\ 294\ 481\ 9$$

INDEX ALPHABÉTIQUE

Imprimé en France — Imprimerie Hérissey — N° 1957
Dépôt légal Éditeur — N° 106 — 3e Trimestre 1959

EXTRAIT DU CATALOGUE DES ÉDITIONS
TECHNIQUE & VULGARISATION

ACCELEREZ — Le nouvel art du volant, par E. DUJARDIN. Préface de Charles FAROUX — 2e édition 1952.
VIII — 199 pages, 13,5 × 21 cm, nombreux croquis, 15 photos hors-texte.

LA PRATIQUE DE L'AUTOMOBILE, par R. GUERBER. Préface de M. NORROY, Président de la S.I.A. — 3e édition 1957.
X — 257 pages, 13,5 × 21 cm, 220 figures.

LES CITROEN A TRACTION AVANT, 11 et 15 CV, par R. GUERBER, Préface de M. MORTIMER-MEGRET — 3e édition 1959.
XII — 142 pages, 13,5 × 21 cm, 73 figures.

LA 4 CV RENAULT, par R. GUERBER. Préface de Charles FAROUX, président d'honneur de la S.I.A. — 3e édition 1956.
VIII — 239 pages, 13,5 × 21 cm, 138 figures et nombreux tableaux.

LA DAUPHINE, par R. GUERBER — 1958.
X — 225 pages, 13,5 × 21 cm, 10 tableaux, 160 figures.

L'ELECTRICITE ET L'AUTOMOBILE — Tout l'équipement électrique et radioélectrique de l'automobile moderne, par Marc DORY — 3e édition 1957.
VIII — 231 pages, 13,5 × 21 cm, 131 figures, 13 schémas de câblage et nombreux tableaux.

INSTALLATIONS ELECTRIQUES ET ELECTRODOMESTIQUES, par E. BONNAFOUS, Ingénieur E.S.M.E. — 3e édition. Nouveau tirage 1959.
IV — 347 pages, 13,5 × 21 cm, 360 figures, nombreux tableaux.

APPAREILS ELECTROMENAGERS — Choix — Installation — Entretien — Dépannage, par E. BONNAFOUS, Ingénieur E.S.M.E. Préface de Christiane COSSUS, Chef du département « Enseignement Ménager » à la Société pour le Développement des Applications de l'Electricité — 1955.
VIII — 323 pages, 13,5 × 21 cm, 254 figures, nombreux tableaux.

L'ECLAIRAGE MODERNE PAR TUBES LUMINESCENTS ET FLUORESCENTS, par E. BONNAFOUS, Ingénieur E.S.M.E. — 2e édition 1951.
VI — 167 pages, 13,5 × 21 cm, 94 figures, 8 pages d'illustrations hors-texte, nombreux tableaux.

COUTURE : Main, machine, par C. CHAPUT, Inspectrice générale honoraire d'Enseignement Manuel et Ménager, et M.-L. CORDILLOT, Inspectrice d'Enseignement Ménager — 1957.
Ouvrage inscrit au catalogue des fournitures classiques de la Ville de Paris (N° 3676 de l'annexe 58)
VI — 137 pages, 13,5 × 21 cm à l'italienne, 17 figures et 108 photographies.

LE BLANCHISSAGE DU LINGE, par A. BOURON, Ingénieur des Arts et Manufactures. Préface de M.-L. CORDILLOT, Inspectrice de l'Enseignement Ménager des Ecoles de Paris et du département de la Seine — 2e édition 1956.
XII — 240 pages, 13,5 × 21 cm, 36 figures, 51 tableaux.

LE PLASTIQUE DANS LA MAISON, par A. BOURON, Ingénieur des Arts et Manufactures — 1958.
X — 200 pages, 13,5 × 21 cm, 49 figures, 24 tableaux.

LE CHAUFFAGE DES LOCAUX HABITES, par S. BELAKHOWSKY, Ingénieur thermicien I.T.S.-E.C.I. Préface de Camille AIGREAULT, Ingénieur des Arts et Manufactures et Architecte — 1957.
VIII — 220 pages, 15,5 × 24 cm, 161 figures et nombreux tableaux.

LE DEPANNAGE PRATIQUE DES POSTES RECEPTEURS : RADIO, TRANSITRON, TELEVISION, par GEO-MOUSSERON — 3 édition 1958.
VI — 127 pages, 13,5 × 21 cm, 49 figures.

LES PETITS MONTAGES RADIO, par L. PERICONE — 1959.
VI — 144 pages, 15,5 × 24 cm, 104 figures et schémas.

L'ALARME ELECTRIQUE — Les mille et une manières de protéger efficacement et économiquement par l'électricité villas, immeubles, garages, poulaillers, clapiers, clôtures, vitrines, etc., par GEO-MOUSSERON. Préface de F. MERCKEL, Ingénieur Electricien — 2e édition 1952.
VIII — 122 pages, 13,5 × 21 cm, 75 figures et schémas de dispositifs de sécurité.

MOTEURS ELECTRIQUES — Technologie, Installation, Dépannage, Rebobinage, par E. BONNAFOUS, Ingénieur E.S.M.E. — 2e édition 1959.
VI — 298 pages, 13,5 × 21 cm, 314 figures et nombreux tableaux.

CONSTRUCTION D'AEROMODELES, par J. GUILLEMARD, Secrétaire de la Commission internationale des Modèles réduits de la Fédération aéronautique internationale — 1953.
VI — 95 pages, 13,5 ×21 cm, 120 figures.

Les TRAINS-MINIATURE, par GEO-MOUSSERON — 3e édition 1939.
VII — 108 pages, 13,5 × 21 cm, 4 pages hors-texte en 7 couleurs et 106 illustrations.

LA CONSTRUCTION DES TRAINS-MINIATURE, par GEO-MOUSSERON — 2e édition 1952.
VI — 120 pages, 15,5 × 24 cm, 118 figures et 2 plans grandeur d'exécution présentés sous portefeuille.

LES MAQUETTES MARITIMES, par GEO-MOUSSERON. Préface de P.-J. LUCAS, Directeur de « Cols Bleus », Journal de la Marine française.
VIII — 120 pages, 13,5 × 21 cm, 75 figures.

LA RADIOCOMMANDE DES MODELES REDUITS, par GEO-MOUSSERON — 3e édition 1958.
VIII — 84 pages, 13,5 × 21 cm, 56 figures.